

学校スポーツ事故における法的責任

—指導上の過失に基づく法的責任—

大谷美咲・森江由美子
九州共立大学経済学部

The legal responsibility for the sports accident in the school

Misaki Otani, Yumiko Morie

Abstract

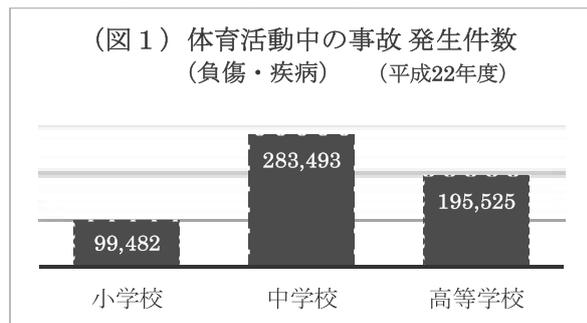
At the physical education activity in the school, the accident that a student is wounded in may occur. It is to be the most important to prevent an accident beforehand, but still an accident may happen at the sports in the school. In the sports accident, it often becomes the lawsuit for the responsibility of the school. Therefore, at this report, the risk management of a school and the teacher in the sports accident is considered. Furthermore, the legal responsibility of the school is examined.

Keywords: sports accident, State Redress Act, Tort, Default, obligation of security

1. はじめに

学校における体育活動や課外活動において、児童や生徒が負傷・死亡する事故が発生することがある。もちろん、未然に事故を防止することが先決であることはいうまでもないが、学校スポーツは事故が起こりうるリスクを抱えている。

独立行政法人日本スポーツ振興センターの調査によると、平成22年度の活動別学校事故発生傾向は、体育の授業および運動部活動中の負傷・疾病に係る事故が、小学校では99,482件と学校で発生した事故全体の約23%、中学校では283,493件で約71%、高等学校では195,525件で約82%と学校管理下の事故の多くを占めている。また、スポーツ事故の件数を種目別にみると、球技による事故が、小学校では37,632件、中学校では214,730件、高等学校では156,879件と圧倒的に多いことが分かる¹⁾。



体育の授業及び運動部活動中の負傷・疾病に係る事故

	小学校		中学校		高等学校	
	件数	%	件数	%	件数	%
水泳	3,894	3.9	2,257	0.8	913	0.5
体操	28,553	28.7	13,753	4.9	3,722	1.9
陸上競技	13,058	13.1	23,667	8.3	10,212	5.2
球技	37,632	37.8	214,730	75.7	156,879	80.2
武道等	221	0.2	17,778	6.3	12,687	6.5
その他	13,925	14.0	9,225	3.3	10,058	5.1
準備運動等	2,199	2.2	2,083	0.7	1,054	0.5
合計	99,482	100	283,493	100	195,525	100

(図1) および (表1) は『学校の管理下における体育活動中の事故の傾向と事故防止に関する調査研究—体育活動における頭頸部外傷の傾向と事故防止の留意点— 調査研究報告書』独立行政法人日本スポーツ振興センター (平成25年3月) よりデータ抜粋

これらの学校スポーツ事故の中には、学校側の責任を求めて訴訟となるケースも少なくない。こ

のような場合、学校側に対しては法的にどのような責任が問われるのであろうか。

学校スポーツ事故が問題となるケースとしては、①教諭あるいは指導者の指導上の過失を問うものと、②施設・設備の瑕疵を問題とするものに大別される。

本稿では、①のケースについて取り上げることとし、以下においては、まず、学校および指導者の危機管理の在り方について整理を行う。次いで、学校側の法的責任についてケーススタディとなる裁判例に基づいて考察を行う。

2. 学校および指導者の危機管理

学校設置者は、児童生徒が自己の管理下にある限り、その生命、身体の安全を確保する法的義務を負うと考えられている。当該義務は、安全配慮義務と称されることが多いが、教育法規の中に、学校設置者の安全配慮義務を明確に定めたものは存在せず、条理上の義務であると解されている²⁾。

しかしながら、以下のとおり、学校設置者に児童生徒の安全を配慮すべく規定を置いている法律は複数存在する。

たとえば、スポーツの推進のための基本的な法律として平成23年6月に成立した「スポーツ基本法」の中にその規定を見出すことができる。当該法律は、スポーツに関し、基本理念を定め、国及び地方公共団体の責務並びにスポーツ団体の努力義務等を明確にしたものである。

具体的には、第2条4項において、「スポーツは、スポーツを行う者の心身の健康の保持増進及び安全の確保が図られるよう推進されなければならない」と基本理念を規定している。

そして、第14条において、「国及び地方公共団体は、スポーツ事故その他スポーツによって生じる外傷、障害等の防止及びこれらの軽減に資するため、指導者等の研修、スポーツ施設の整備、スポーツにおける心身の健康の保持増進及び安全の確保に関する知識(スポーツ用具の適切な使用に係る知識を含む)の普及その他の必要な措置を講ずるよう努めなければならない」として、スポーツ事故の防止等に関する国および地方公共団体の努力義務が規定されている。

また、学校保健安全法は、第26条において、「学校の設置者は、児童生徒等の安全の確保を図

るため、その設置する学校において、事故、加害行為、災害等(以下この条及び第29条第3項において「事故等」という)により児童生徒等に生ずる危険を防止し、及び事故等により児童生徒等に危険又は危害が現に生じた場合(同条第1項及び第2項において「危険等発生時」という)において適切に対処することができるよう、当該学校の施設及び設備並びに管理運営体制の整備充実その他の必要な措置を講ずるよう努めるものとする」と規定している。

これらの規定からも分かるように、学校設置者には、学校におけるスポーツ事故を防止するために、危機管理体制の確立を図ることが求められている。

学校におけるスポーツ事故の要因としては、個別に判断されなければならないが、一般的には、自身の人為的要因、他人からの人為的要因、運動やスポーツの特性による要因、体力・技能や発達の段階による要因、活動計画や安全対策による要因、施設・設備・用具等の要因、自然現象や自然環境等の要因、複合的な要因等があると考えられている³⁾。体育活動中における事故を防止するためには、教諭やクラブ活動における監督等指導者個人の対応のみならず、学校全体として組織的に取り組み、安全な活動を実現するための万全なシステムづくりが必要となる。

もちろん、教諭および指導者個人としても、危機管理に備えなければならない。すなわち、当該教諭および指導者は、児童生徒の生命・身体の安全を確保するために必要な指導・監督を行う注意義務がある。この注意義務は、①安全を確保する義務(危険予測義務)と②危険な結果を回避する義務(危険回避義務)の二面をその内容とする判例上解されている。

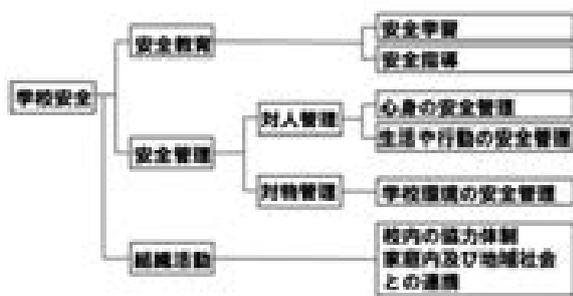
2.1 学校及び指導者の安全対策

学校のとるべき安全対策としては、図2の構造図に示されるが、その中でもとくに「組織活動」が重要であると考えられる。すなわち、安全教育や安全管理を効果的に進めるために、学校の教職員の研修の実施等、学校安全に関する組織的活動が不可欠なものとなる。かかる内容としては、①学校安全計画の作成、②学校保健委員会による安全指導、③事故防止研修会・熱中症予防研修会の実施、④部活動の委員会を設置し教職員の指導のもと、安全に配慮した部活動の実施を推進してい

くこと等があげられる。また、図中の「安全教育」としては、学校経営計画の作成の中で安全教育の視点での目標設定を行うこと、「安全管理」では、定期健康診断結果の正確な把握、児童生徒の身体の状態や健康状態の理解・把握もその内容として含まれる。

これに対し、教諭および指導者の安全対策、すなわち、注意義務は多岐にわたる。教諭および指導者は、学校における教育活動によって生ずるおそれのある危険から、児童生徒を保護すべき義務を負っている(最高裁昭和62年2月13日判決)。正課の体育の授業とともに部活動の顧問としての指導も学習指導要領に明記されたことにより教育活動との位置づけが明確にされた。そこにおける教諭の注意義務としては、図中の「安全教育」、「安全管理」がある。その内容としては、①体育科・保健体育科における安全学習の徹底、②部活動における安全指導の徹底、③児童生徒の危険予測・回避能力の育成、④児童生徒の発達段階や技能・体力に応じた指導計画や活動計画の策定、⑤健康観察を通じた児童生徒の身体や疲労の状況、気候の変化に応じた指導計画や活動計画の修正、⑥施設設備の安全確認、用具の安全性の確保等があげられる。

【図2】【学校安全の構造図】



「学校における体育活動中の事故防止について（報告書）」
文部科学省：体育活動中の事故防止に関する調査研究協力者
会議（平成24年7月）

3. 学校および指導者の法的責任

学校におけるスポーツ事故について、学校設置者に損害賠償責任を認める法律上の理論構成は、わが国の判例上、概ね次のように類型化される。国公立学校における事故である場合は、国家賠償

法により、私立学校における事故の場合は、民法上の不法行為責任あるいは債務不履行責任に基づき損害賠償請求がなされることが多い。

国家賠償法による請求は、教諭あるいは指導者の指導上の過失を問うものと施設・設備の瑕疵を問題とするものに大別され、前者は1条により後者は2条により学校設置者の責任が問われることになる。

不法行為責任による請求は、まず、教諭あるいは指導者個人に対し責任を問うものと学校設置者に対し責任を問うものがあり、前者は民法709条により後者は民法715条により責任追及がなされることになる。つぎに、施設・設備の瑕疵を問題とする場合は、民法717条の工作物責任に基づき学校設置者に責任を問うことになる。

債務不履行責任による請求は、民法415条により学校設置者に責任を追及するものである。

学校設置者に損害賠償責任を認める法律構成は、一般的に、上述のように考えられてきたが、近年、下級審においては、国公立学校等の事故に関し、学校設置者の債務不履行責任を認めた事例も散見されるようになった。

これは、スポーツ事故における損害賠償責任を学校設置者に負わせる法的根拠と理論が、明確にされていないことが原因であると考えられる。

以下においては、教諭あるいは指導者の指導上の過失により、学校設置者が損害賠償責任を負う法的根拠について考察する。

3.1 国家賠償法1条

国家賠償法1条1項は「国又は公共団体の公権力の行使に当たる公務員が、その職務を行うについて、故意又は過失によって違法に他人に損害を加えたときは、国又は公共団体が、これを賠償する責に任ずる」と規定している。また、国家賠償法2条は、「道路、河川その他の公の営造物の設置又は管理に瑕疵があったために他人に損害を生じたときは、国又は公共団体はこれを賠償する責めに任ずる」と規定している。

これはすなわち、国家の構成要素のうち「人」すなわち「公務員」に不法行為がある場合には1条で、「物」に瑕疵があったために損害が生じた場合には2条で対応するものとなっているのである。1条では公務員の不法行為が存在することが国家賠償の要件となっており、過失責任主義が採られることになる一方で、2条に関しては、「物」

に瑕疵があることが要件でありそこには公務員の瑕疵の必要はなく無過失責任主義を採っていると考えられている（通説・判例）。施設、設備の瑕疵（公の営造物の瑕疵）は本稿では扱わないので、ここではもっぱら1条の問題を扱う。

1条は、公務員の不法行為があった場合にその賠償責任は、国又は公共団体が負うとするものである。これは、通説である代位責任説によると、公務員の不法行為責任を国が肩代わりすることによって、公務の遂行を確保するものであり、公務員に賠償責任を負わせないとするものである。公務員に賠償責任を負わせない理由としては、①さまざまな場面で公権力の行使を余儀なくされる公務員にとって、後にその公権力の行使の違法性が問題となった場合に、個人で賠償責任を負うこととなると、その結果を恐れて、必要な判断が下されなくなることが考えられ、②公務員自身のリスクが非常に大きくなるため、公務につくこと自体が避けられることになりかねない。また、③被害者の救済という観点からも、公権力の違法な行使による社会への影響の大きさ、被害額の大きさを考えると、公務員個人で責任をとることは不可能という場合も多いと考えられる。以上のような理由で、代位責任説が採られると考えられる。次に、この代位責任説に立つと、学校事故においては教師の過失が問題となる。教師の過失による不法行為が成立しないと国家賠償請求ができないからである。ここで、教師の過失をいかに認定するかが問題となる。過失とは、被害が生ずることに関し予見可能性があり、その被害を未然に防止する可能性を前提とする結果回避義務があるにもかかわらず、その義務を怠ったことである。そして、過失とは本来特定の公務員の主観的な事情に関するものであるが、近年は、客観的な注意義務違反と捉えられるようになってきている。これは公務員個人の注意能力の高低により、被害者救済の認定が影響を受けるのを避けるためである。したがって、過失の客観化が必要となり、過失とは「通常の公務員であれば予測でき、結果を回避できたであろう」場合に、結果発生を回避できないこととされるようになってきているのである⁴⁾。

また、そもそも、学校教育が国家賠償法1条1項の「公権力の行使」に当たるかどうかは議論の余地はある。通説・判例は、公権力の行使を広義説ととらえ、「権力的行政作用のほか非権力的

行政作用も対象とする」とし、学校教育も国家賠償法1条の「公権力の行使」に含まれている。これに対して、教育の非権力性という教育法原理からの批判はあるが、判例は、国家賠償法の「公権力の行使」は被害者の救済という観点から解釈されており、仮に、学校事故に対する国家賠償を認めても、教育の非権力性には、影響はないという立場をとっている。

以上により、国公立学校事故における損害賠償に国家賠償法1条を用いることについて判例は一貫して肯定的である。しかし、他方で、最近の判例では、安全配慮義務違反の債務不履行責任を認定するものも見られるようになってきている。この点に関しては以下で判例を検討していくこととする。

3.2 債務不履行責任（民法415条）

民法上の債務不履行責任（415条）に基づいて学校設置者に損害賠償責任が課される場合、以下の要件が必要となる。

債務不履行責任が成立し、債務者に損害賠償義務が負わされるためには、当然のことながら債務不履行がなければならない。いかなる場合に債務不履行とされるかについては、わが国の民法は、「債務の本旨に従った履行をしないとき」と規定し、具体的には①履行不能、②履行遅滞、③不完全履行という三分体系が解釈により導入されている⁵⁾。さらに、債務者の帰責事由が必要である。

私立学校におけるスポーツ事故の場合、通常、③の不完全履行が問題になると考えられている。学校と生徒の関係を在学契約関係にあるものとして捉え、その債務には付带的に安全保持ないし事故防止義務（安全配慮義務）が伴っているとす。すなわち、当該義務が伴っているにもかかわらず事故が発生したということは、学校設置者による義務の不完全履行に該当するというものである⁶⁾。この債務不履行責任は、契約上の義務違反から生じた損害についての賠償責任制度であり、契約責任の一種である。

これに対し、上述のように、国公立学校におけるスポーツ事故でありながら債務不履行責任に基づき学校設置者に損害賠償責任を課した裁判例も存在する。従来、国公立学校における生徒の在学関係は、公法上の特別権力関係にあり、契約関係に基づくものではないとするのが裁判所のとる立場であったことから、国公立学校における

事故について、契約関係の存在を前提とする債務不履行責任を問うことは難しいとの考えが一般的であった。しかしながら、近年、国公立学校における事故につき、学校設置者に、民法上の債務不履行責任に基づいて賠償責任を課す裁判例が、下級審においては増えてきている。ただ、国公立学校の場合、学校と生徒は在学契約関係にはないことから、学校に契約責任を課すことには問題が残る。これに関しては、次のように考えられる。

すなわち、債務不履行責任の要件とされる①履行不能、②履行遅滞、③不完全履行は、履行義務ないし給付義務たる債務を問題にして、履行があったか否かという観点からその履行が本旨に従ってなされていない場合を扱う。これに対し、近年、履行の問題とは次元を異にする義務違反にも債務不履行責任が拡大されており、④信義則上の義務違反として要件の一つに加えられる。当該信義則上の注意義務違反にも債務不履行責任を拡大するには、どのように根拠づけるべきか、ということについて、学説的には、「債務」拡大説と415条類推適用説が存在する。前者は、履行利益ないし給付利益を目的としない信義則上の注意義務も「債務」であるとし、また、このような義務が認められる場合をそれなりに限定しようとする学説である。後者は、信義則上の注意義務は債務ではないが、債務に準じて扱い、いわば415条の類推適用として考えることもできるとする説である。国公立学校で発生したスポーツ事故においては、この信義則上の義務違反、換言するならば、安全配慮義務違反を理由に債務不履行責任を学校設置者に課すケースが近年多いと考えられるが、いずれの判決においてもその根拠は明確にされていない。

3.3 不法行為責任（使用者責任民法715条）

民法715条は、事業執行中に被用者が起こした事故について使用者が賠償責任を負う旨を定めている。被用者の不法行為をなぜ使用者が責任を負うのかについては、使用者は被用者を使ってその活動により利益を得る反面、その被用者が損害を第三者に与えた場合、その損失も負担すべきであるという、報償責任の法理に根拠づけられる。また、他人を使わなければ本人だけの活動に伴う危険であるところを、他人を多数使うことによりそれに伴う危険を社会に拡大することになり、危険の原因を作った者がそ

の危険のリスクを負担すべきであるという、危険責任の趣旨にも求められる⁷⁾。なお、715条1項ただし書で、使用者に選任監督の義務違反がなかったならば責任を免れると規定されているが、スポーツ事故において、免責の主張が認められることは少ないとされる⁸⁾。

また、学校設置者に使用者責任が生じるためには、教諭あるいは指導者個人に民法709条に基づく不法行為責任の要件が備わっていなければならない。すなわち、故意または過失、権利侵害、違法性、損害の発生、行為と損害との因果関係がその要件とされている。

4. 学校におけるスポーツ事故の事例

学校におけるスポーツ事故の中には、学校側の責任を求めて訴訟になるケースも少なくない。以下では、スポーツ事故の裁判例を国公立学校と私立学校に分けて、その法的責任の考察を行う。

4.1 国公立学校におけるスポーツ事故の事例

【国家賠償法1条】

事例1：県立高校野球部のゴロ捕り練習中の事故により後遺障害が残った事故について教諭の注意義務違反の過失にもとづく国家賠償が認められた事例（名古屋地裁平成18年11月28日）

事案の概要は以下のとおりである。

本件は、県立高校野球部のゴロ捕り練習中の野球部員にノック練習のノック球が当たり原告（野球部員）の右目こめかみ付近を直撃して視力低下・外傷性散瞳等の後遺障害が残存した事故について、顧問兼監督の教諭の注意義務懈怠が問題になった事例である。

これに対する裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

学校教育に付随する部活動の指導・監督に当たる教諭は、生徒の自主性を尊重しつつも、事故等の発生が予想される場合には、これを防止するのに必要な措置を積極的に講ずるという注意義務を果たさねばならないとし、教諭の注意義務懈怠を認めるものであった。また、原告（野球部員）についても、高校生とはいえ野球部に所属している以上、本件練習の危険性は当然予想でき、ゴロ捕り練習中にノックの状況を一瞥しさえすれば本件事故の発生を避けることができた可能性が高いことから、過失相殺をおこなうのが相当と判

示している。原告からの国家賠償法第1条1項に基づく損害賠償請求に対し、過失相殺をおこなったうえで、損害額の6割の範囲で請求は認容された。

事例2：ラグビーの練習中の（公立）中学生が熱中症で死亡した事例について、公立中学校の設置者としての市の安全配慮義務とその履行補助者である教諭の安全配慮義務違反の過失を認定し国家賠償法による損害賠償が認定された事例（神戸地裁平成15年6月30日）

事案の概要は以下のとおりである。

本件は、クラブ活動としてのラグビーの練習中の中学生Aが、練習中に熱中症に罹患して死亡した事故である。Aの両親である原告らは、市に対し、公立中学校の設置者として、生徒の身体、生命について安全を配慮する義務を負担するところ、その職員である教諭がその職務をおこなうにつき故意過失によりAを死亡に至らしめたのであるから、安全配慮義務違反の債務不履行責任及び国家賠償法1条1項に基づく損害賠償責任があるとし、また、教諭に対し、故意又は重大な過失によってAを死に至らしめたのであるから、民法709条に基づき損害賠償責任を負担すべきであるとこれを請求した。

これに対する裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

本件被告である市は、公立学校の設置者として、課外クラブ活動における、生徒の身体・生命について安全配慮義務を負うところ、本件についてはその職員である教諭がその職務をおこなうにつき、その安全配慮義務違反の過失により、Aを死に至らしめたのであるから、市には、原告らに対して、国家賠償法1条1項に基づく損害賠償義務が認められると判断している。教諭に対する不法行為責任に関しては、公立学校の教諭の職務中の故意過失による不法行為については、教諭個人はその責めを負わないと判示している。

【債務不履行責任】

事例3：県立高校ラグビー部員が社会人チームとの練習試合中受傷した事故につき、担当教師に安全配慮義務違反があるとして県に債務不履行による損害賠償責任を認めた事例（福岡地裁昭和62年10月23日）

事案の概要は以下のとおりである。

本件は、県立高校のラグビー部員であったXが、社会人チームとの練習試合中に頸椎・頸髄を負傷して肩から下が麻痺状態になるという重篤な後遺障害が残った事故につき、学校側の安全配慮義務違反を原因として、県に対する損害賠償を請求した事例である。

これに対する裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

本件事故の原因として次のように認定している。①対社会人チーム戦にフッカーとしての技術・体力的に未熟で実戦経験の少ないXが突然起用され心理的に動揺しながらスクラムを組んだこと、②被告である県YはXと特別な社会的接触の関係に入ったから信義則上、安全配慮義務を負うもので、具体的には高校生のラグビー部活動の指導に当たる者は、事故防止対策として成年男子チームと対戦させることはできるだけ慎重、対戦させるにあたっては、経験・技量が特に必要なフロントローに経験の浅い者を起用しないようにして、不慮の事故が起こることのないように注意すべき義務を負うものである。③担当教諭A（Yの履行補助者）は、Xの技量にかんがみてフッカーとして本件ゲームに出場させることを避けなければならなかったのにXをフッカーに起用した点で安全配慮義務違反があるといえる。以上より、裁判所は、担当教諭A（Yの履行補助者）の安全配慮義務違反を理由に、Y（県）は債務不履行の損害賠償義務を負うと判示している。

事例4：小学校における体育授業中の組体操の練習中に発生した事故につき、指導担当教諭らの安全配慮義務違反を認めた事例（過失相殺なし）（東京地裁平成18年8月1日）

事案の概要は以下のとおりである。

被告が設置している区立A小学校において、平成15年度の運動会の種目として組体操を行うこととなり、6年生の体育の授業中に5人一組で行う技の練習をしていたところ、原告のグループがバランスを崩し、二人の児童の上に乗っていた原告が転落して、左側上顎中切歯の完全脱臼等の傷害を負ったことから、指導にあっていた教諭らに債務不履行（安全配慮義務違反）があったとして、被告に対し損害賠償を求めた。

本件において原告は、担当教諭が採用を決定した事故発生時行われていた児童5人による技は、難易度および危険性が高いことを前提に、担当教

論には、同技を選択したことの誤り、事前説明・個別指導・下練習が不足したまま一斉練習を打った、組体操をするための児童の組み合わせが不適切であった等の過失があると主張した。

これに対して被告は、同技の難易度が高いとはいえ、担当教諭にも過失はなかったと主張するとともに、予備的に過失相殺の主張をした。

この事案につき、裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

被告（A 小学校を設置する自治体）は、A 小学校の設置・運営者として、学校教育の際に生じうる危険から児童らの生命、身体の安全の確保のために必要な措置を講ずる義務（被告の安全配慮義務）を負い、被告の履行補助者である指導教諭が安全配慮義務（担当教諭の安全配慮義務）に違反した場合には、それによって生じた損害を賠償する責任を負う。本件において、当裁判所は、事故発生までの経緯について詳細に事実認定をし、担当教諭の過失を肯定した上で、担当教諭らに安全配慮義務違反を認め、被告に対し民法上の債務不履行に基づく損害賠償を命じた。

考察

国公立学校におけるスポーツ事故に関して判例の立場は一貫してはいない。事例1では、部活動の指導・監督に当たる教諭の注意義務違反の過失・不法行為責任を認定し、したがって、国家賠償を認めるという代位責任説を明確にとっている。事例2では、公立学校の設置者である市は、課外活動における生徒の身体・生命について安全配慮義務を負うとし、その職員である教諭に、その職務をおこなうにつき安全配慮義務違反の過失があったとし、市に対する国家賠償法に基づく損害賠償を認めている。

これに対し、事例3は、被告である県は生徒と特別な社会的接触の関係に入ったから信義則上、安全配慮義務を負うものであるとし、安全配慮義務の根拠を示している。そして、その履行補助者である教師の安全配慮義務違反を理由に、県に対する債務不履行による損害賠償を認めている。事例4においても、安全配慮義務の根拠は明確ではないが、小学校に対し債務不履行による損害賠償を認めている。

このように、国公立学校事故に関して裁判所は、原則的には国家賠償法による損害賠償を認めているが、民法 415 条の債務不履行に基づく損害

賠償を認める場合も散見される。この点については、国家賠償法は、そもそも民法 709 条の特別法と位置づけられるもので、国家賠償法自体、民法の適用を前提としていること（国賠 4 条）から考えても問題はないと思われる。

なお、教諭の安全配慮義務違反の過失と注意義務違反の過失、学校の安全配慮義務違反をどのように整理していくかが課題となると思われる。

4.2 私立学校におけるスポーツ事故の事例

【債務不履行責任】

事例5：私立高校の柔道部の生徒が、先輩柔道部員によってプロレス技をかけられ、頭部から床に落下して頸髄損傷の傷害を負った事故につき、右先輩柔道部員の不法行為責任と学校側の安全配慮義務違反の責任が認められた事例（横浜地裁平成 13 年 3 月 13 日）

事案の概要は以下のとおりである。

本件は、平成 8 年 10 月 15 日、被告学校法人 D が開設し、経営している E 高等学校柔道部の練習場において、練習前に部室の雑巾がけをしていた柔道部部員である原告 A が、先輩の柔道部部員である被告 F が掛けたプロレス技によって頭部から床に落下し、頸髄損傷の傷害を負い、四肢麻痺等の後遺障害が生じた事案である。

この事案につき、裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

被告学校法人 D の高校の管理者である校長や部活動の顧問教諭は、教育活動の一環として行われる部活動（格技である柔道部）に参加する原告に対し、安全を図り、特に、心身に影響する何らかの事故発生の危険性を具体的に予見することが可能であるような場合には、事故の発生を未然に防止するために監視、指導を強化する等の適切な措置を講じるべき安全保護義務がある。そして、柔道部における部活動は、その性質上、格技である柔道を修得しようとして柔道部に所属する部員が、畳、マット等により、格技修得のための設備が整っている本件部室に集合し、格技の練習を行うのであるから、指定された練習時間の前後の時間帯に、慣行として顧問教諭の指示によって行われることになっている本件部室および格技修得のための設備の清掃等の行為もここにいう部活動に含まれるというべきである。

これを本件についてみると、事実認定によれば、格技を練習、修得する高校の柔道部において、格

技の専門家である顧問教諭自身が危険であるから禁止すべきであると認識するプロセスごとくをして様々なプロレスの技を掛けあうことが、本件事故が発生する前年の2学期ころから、複数の柔道部員によって練習時間の前後に行われ、本件事故当時もほぼ毎日のように行われていたのであるから、このような柔道部における部活動の状態は、柔道部員の心身に影響する何らかの事故発生危険性を具体的に予見することが可能な場合に当たり、被告学校法人Dおよび顧問教諭としては、本件事故の発生を未然に防止するために監視、指導を強化する等の適切な措置を講じるべき義務があったというべきである。

そして、それにもかかわらず、被告学校法人Dおよび顧問教諭は、プロレスごっこが練習時間の前後の時間帯（部活動の一部と認められる）に前記のとおりのお態様で行われていた実態を認識、把握せず、柔道部員に対し、練習時間帯の前後にプロレス技などの格技の技をふざけて掛ける行為の危険性について指摘し、一律に厳しくこれを禁止し、見回りを強化するなどの対策を講じる措置をとったことはなかったのであるから、これらの点について、被告には、原告に対する安全保護義務違反があったというべきであるとし、被告学校法人Dに債務不履行に基づく損害賠償を命じている。

【不法行為責任】

事例6：私立高校の生徒が課外のクラブ活動としてのサッカーの試合中に落雷により負傷した事故について、学校側の不法行為責任が認められた事例（高松高裁平成20年9月17日）

事案の概要は以下のとおりである。

本件は、被控訴人学校法人D（以下「被控訴学校」という）の設置するE高等学校（以下「E高校」という）に在籍し、サッカー部に所属していた控訴人A（以下「控訴人A」という）が、大阪府B市で開催されたサッカー競技大会に同校の課外のクラブ活動の一環として参加していた際に落雷を受けた事故に関し、同校サッカー部の引率者兼監督であったF教諭（以下「F教諭」という）および上記大会の主催者であった被控訴人財団法人B市体育協会（以下「被控訴協会」という）の担当者には落雷を予見して回避すべき安全配慮義務を怠った過失があるなどとして、同控訴人の母および兄とともに被控訴人らに対し、債務

不履行又は不法行為に基づき損害賠償を請求した事案である。

この事案につき、裁判所の判決要旨は以下のとおりである。

原審（差し戻し前の控訴審）（高松高裁平成16年10月29日）

原審は、つぎのように判示し、学校側の損害賠償責任を否定した。

平均的なスポーツ指導者がE高校の試合の開始直前ころに落雷事故発生の具体的危険性を認識することが可能であったとはいえない。そうすると、F教諭においても、上記時点で落雷事故発生を予見することが可能であったとはいえず、また、これを予見すべきであったということもできない。したがって、F教諭が安全配慮義務を尽くさなかったということはできないから、被控訴学校に債務不履行責任又は不法行為責任があるとはいえない。

上告審（最高裁第2小法廷平成18年3月13日）

最高裁判所は、以下のように述べて原判決を破棄、原審に差し戻した。

教育活動の一環として行われる学校の課外のクラブ活動においては、生徒は担当教諭の指導監督に従って行動するのであるから、担当教諭は、できる限り生徒の安全にかかわる事故の危険性を具体的に予見し、その予見に基づいて当該事故の発生を未然に防止する措置をとり、クラブ活動中の生徒を保護すべき注意義務を負うものというべきである。落雷による死傷事故は毎年発生しており、落雷事故を予防するための文献上の記載も多く存在していた。さらに、前記事実関係によれば、E高校試合開始直前ころには、運動広場の南西方向の上空には黒く固まった暗雲が立ち込め、雷鳴が聞こえ、雲の間で放電が起きるのが目撃されていた。そうすると、F教諭としては、上記時点ころまでには落雷事故発生の危険が迫っていることを具体的に予見することが可能であったというべきであり、また、予見すべき注意義務を怠ったものというべきである。

差し戻し後の原審（高松高裁平成20年9月17日）

F教諭は、E高校試合開始直前ころまでには本件落雷事故発生の危険性が迫っていることを具

体的に予見することが可能であり、これを予見すべき注意義務があったにもかかわらず、これを怠り、同校サッカー部の生徒らを保護範囲に誘導し、姿勢を低くした状態で待機するよう指示し、かつ、同試合の開始の延期を申し入れて協議の上、さらに、安全空間に生徒らを退避させる方法を検討、準備するなどの措置をとるなどの落雷事故発生回避のための措置をとることなく、漫然と同試合に控訴人Aを出場させ、その結果、同控訴人を本件落雷事故にあわしめた過失があるものというべきである。

したがって、被控訴学校法人は、本件落雷事故について、F教諭の使用者として、民法715条に基づき不法行為責任（使用者責任）を負うものというべきであると判示し、控訴人の請求を認容している。

考察

事例5は、民法上の債務不履行責任に基づいて学校設置者に損害賠償責任が課された事案である。私立学校においては、学校と生徒の関係を在学契約関係にあるものとして捉え、その債務には付帯的に安全保持ないし事故防止義務が伴っているとす。そして、当該義務が伴っているにもかかわらず事故が発生したということは、学校設置者による義務の不完全履行に該当すると考えられている。学校設置者に課されている当該義務は、安全配慮義務と称されている。

事例6は、民法上の不法行為責任（使用者責任）に基づいて学校設置者に損害賠償責任を課した事案である。

学校設置者に使用者責任が生じるためには、教諭あるいは指導者個人に民法709条に基づく不法行為責任の要件が備わっていなければならない。

また、使用者責任において学校設置者に損害賠償責任を負わせる場合にも、安全配慮義務が問題となる。すなわち、当該義務を被用者である教諭の義務と捉え、この安全配慮義務に反したことにより生徒に損害が発生したことで、教諭個人に不法行為責任が認められることから、学校設置者の使用者責任を認容するという理論構成をとっている。

ところで、事例5において、裁判所は、債務不

履行責任における安全配慮義務について、使用者である学校設置者の義務と捉えて理論構成している。他方、事例6の不法行為責任における安全配慮義務については、被用者である教諭の義務と捉えられている。

このように、当該安全配慮義務が誰に課された義務であるのか、また、どのような義務であるのかということについては、いまだ確立されていない。

なお、事例6は、不法行為によらず債務不履行責任に基づいて学校設置者の損害賠償責任を認容することもできると考えられる。それでは、私立学校におけるスポーツ事故である場合、債務不履行責任と不法行為責任の使い分けは、どのような根拠に基づくのであろうか。

これについては、きわめて実務的な観点であるが、請求権の消滅時効の問題により選択適用されていると思われる。すなわち、民法上の不法行為（使用者責任）に基づく請求権の消滅時効は、被害者またはその法定代理人が損害および加害者を知りたる時より3年とされている。これに対し、債務不履行の消滅時効は10年とされている。

したがって、この点からすると、現在のところ債務不履行により学校設置者に損害賠償責任を課すことが、最も被害者救済に資することになるといえよう。

5. おわりに

学校における体育活動やクラブ活動は、児童・生徒の心身の健全な育成にとって欠かせないものである。その一方で、体育活動中の事故は例年相当数発生し、中には重大事故も含まれる。学校は、国公立・私立を問わず、事故防止の対策をとることを求められ、安全な活動を実現するための組織的取り組みが必要である。そのためのマニュアル、研修は多岐にわたりその内容も高度なものになってきているが、それにもかかわらず、完全に事故を防止することはできない。

学校スポーツにおいて重大事故が発生した場合、もちろん、補償（日本スポーツ振興センター）の対象になるが、学校・教諭の側に事故の原因があると思われる場合、それ以外に学校設置者に損害賠償請求を行いうることになる。しかし、その法的根拠については、国家賠償法、民法における不法行為（使用者責任）、債務不履行に基づく損

害賠償責任などがあり、事例によって適用条文が異なる。国公立学校の場合、学校教育は、「公権力の行使」に含まれるとする広義説を採ることによって、国家賠償法による損害賠償が判例のとり立場のように見えたが、安全配慮義務違反を根拠とする債務不履行に基づく損害賠償を認める事例も存在する。また、私立学校においては、安全配慮義務を被用者である指導教諭の義務ととらえ、安全配慮義務違反を過失の一要件として不法行為による損害賠償を認めるものと、安全配慮義務を学校設置者の在学契約に基づく義務とし安全配慮義務違反を債務不履行として損害賠償を認める判例とがある。

国公立学校と私立学校はいずれも公教育をにない、教育内容にも違いはない。学校事故におけ

る対応あるいは損害賠償も根拠条文は異なっても、同様に認められるものである。そして、国家賠償法と民法の不法行為の解釈、債務不履行における安全配慮義務違反の解釈を見てみると、国公立学校と私立学校の損害賠償のあり方に違いはないように見える。債務不履行における安全配慮義務違反が、どのような場合に認められるのかは、判例は明確には示していないが、債務不履行の消滅時効が10年と長いこと、立証責任の問題などを考慮すると、被害者救済という点からも、債務不履行によって学校設置者の損害賠償責任を課す方法を積極的に考える価値があるのではないと思われる。

引用・参考文献

¹⁾独立行政法人日本スポーツ振興センター、「学校の管理下における体育活動中の事故の傾向と事故防止に関する調査研究—体育活動における頭頸部外傷の傾向と事故防止の留意点— 調査研究報告書」, p.4, 2013年

²⁾たとえば、最高裁平成4年10月6日判決（判時1454号87頁）他多数の判例において、学校側の安全配慮義務が認められている。

³⁾文部科学省、体育活動中の事故防止に関する調査研究協力者会議「学校における体育活動中の事故防止について（報告書）」, p19, 2012年

⁴⁾室井力・芝池義一・浜川清(編著),『コンメン

タール行政法Ⅱ』「行政事件訴訟法・国家賠償法」, 日本評論社, p. 517, 2012年, 塩野宏,『行政法Ⅱ第5版補訂版』, 有斐閣, p.323, 2013年参照

⁵⁾平野裕之,『民法Ⅱ債権法第2版』, 新世社, p.79, 2007年

⁶⁾濱野吉生,「体育・スポーツ事故に関する判例の動向分析」, 早稲田大学人間科学研究1巻1号, p.4, 1988年

⁷⁾平野, 前掲書 P.79.

⁸⁾濱野, 前掲論文 p.86.

(原稿受付 2015年 12月)

小学校英語語彙学習における英語文字表記：脳科学的考察を加えて

中野 秀子・宮本 和典
九州女子大学

Effect of phonemic awareness in English Vocabulary Learning for Elementary School Students:
Suggestions from EEG Analyses

Hideko NAKANO & Kazunori MIYAMOTO

Abstract

Brain activation research using electroencephalogram (EEG) was conducted on 5th graders of elementary school during English learning tasks. The pilot study using a detector of dry cell electrodes confirms its significant validity. The findings were as follows: Theta wave power was the highest among alpha, beta and theta; Mid-frontal theta power, Fm theta, was highly correlated to the brain activation in both English listening and reading-aloud tasks; Fm theta power increased more in listening English words with their spellings disclosed than when closed, and also with their rhythmic symbols disclosed than when closed; The post-test results revealed that showing spellings and rhythmic symbols enhanced students' vocabulary memory; The results showed a significant correlation in proficiency between vocabulary and spelling recognition and a significant difference between the higher and the lower groups in English proficiency.

Keywords: EEG, Dry cell electrodes, Fm θ , Spelling, Rhythmic symbols, Phonemic awareness

1. はじめに

1.1 小学校外国語活動

平成 23 年度から完全実施されている小学校外国語活動の学習指導要領¹⁾では文字はあくまでも補助として扱われ、文字の導入に関しては、「音声での指導が十分になされ、音声と事物・概念との関連付けがある程度できてからが望ましい」(岡・金森, 2010)²⁾と指導されている。しかしながら、初めて触れた英語の発音・リズム・イントネーションなどを現行の週一回の外国語活動で自然に獲得することは困難であり、小学校高学年の多くの生徒が文字の読み書きに関心が高く、音声を中心としたチャンツや音読活動に文字を提示することが音声理解の補助となっていると報告されている(和歌山県教育センター, 2009)³⁾。本研究では、英語初級者が英語を学ぶ時、英語文字表示が学習の負担になるのか、また音声と概念の関連付けが英語学習にどう関わっているのかを調べるために、学習前後の言語テストの結果と学習中の脳内変

化を脳波を測ってその関係を探る。

1.2 脳波

脳波 (Electroencephalogram, EEG) は神経細胞の活動で起こるシナプス電位の集合であり、頭部に装着した電極で記録する。脳波の変動は主に 1~100Hz の正弦波要素からなり電圧は数百 μ V 以下で、周波数によって δ 波(0.5-3Hz), θ 波 (4-7Hz), α 波 (8-12Hz), β 波 (13-30Hz), γ 波 (30Hz 以上) に分けられる。 θ 波はヒトのクレペリンテストや暗算などの記憶・学習や注意・集中時に前頭部に局在し (Ishihara & Yoshii, 1972)⁴⁾, Frontal Midline θ (Fm θ) と言われ、記憶に関与する脳内海馬と関連しており (Caplan & Glaholt, 2007)⁵⁾, Fm θ は記憶に関与する脳内海馬と関連し、 θ 波存在下で動物の海馬のニューロンの可塑性が増強したと報告されている (Natsume et al., 1997)⁶⁾。

脳波の測定は通常、銀皿電極を国際 10-20 法の部位に装着し、アース電極を耳朶につける。著者

らは、日本人学習者の英語リズム学習時における自発脳波を5日間測定し、前頭中心部の θ 波が学習中に変化する初歩的な知見を得た(Nakano et.al., 2007⁷; 中野他, 2011⁸)。

脳波測定では通常、銀皿電極が使用されるが、電導性ゲルを頭皮と電極の間に塗る必要があるため時間がかかり、特に若年の参加者には負担になる可能性がある。夏目らはインタークロス(株)と協力して電導性ゲルを使用する必要がないドライ電極を開発し、そのデータの信頼性について調べ、概ね同等な精度であったと報告している(岡本・夏目, 2012)⁹。

著者は、小学校高学年の学習者の英語語彙学習時の脳波を調べ、参加者(n=2)にドライ電極を使用し、ドライ電極の有効性を示した(中野, 2013)¹⁰。本研究では小学校高学年の学習者の英語学習時の脳波の特徴を調べるが、従来の銀皿電極に起因する参加者の負担や手間を減少させるためにドライ電極を使用した。

1.3 先行研究

著者は自作のリズム教材(Rhythm Instruction Material, RIM)を使って小学生群と中学生群にリズム訓練を行ない、実験前後の課題英文の強勢間の長さ(Inter-stress Interval, ISI)の短縮率を調べ、小学生群の短縮率が中学生群より高かったことを報告し、リズム訓練によるチャンキング効果と早期英語教育の重要性を示唆した(Nakano, 1994)¹¹。さらに、RIMを使った英語リズム訓練中の大学生男子の脳波を測定し脳内変化を調べたところ、学習者のリズムの習得にビート音のある教材が効果的で、学習中の正確な英語リズムの再生率と学習者の前頭部の θ 波に正の相関がみられた(中野他, 2011)⁸。

さらに、スペル・リズム表示に関して、「音声」、「音声+スペル」、「音声+スペル+リズム表示(静止画)」、「音声+スペル+リズム表示A(動画, 強勢位置を強調)」、「音声+スペル+リズム表示B(動画, 強勢位置と音節間の時間的長さ(ISI)を表現)」の5種類の教材を作成し、リズム教育を大学生に毎週1回を4回行なった結果、「音声+スペル+リズム表示B」を使ったリズム訓練で学習者の発話のISIが一番短縮された(中野他, 2004)¹²。このように大学生を対象としたリズム教育による学習効果研究は報告されているが、日本人小学生の英語教材の文字やリズム表示の有

無による学習効果の違いを学習時の脳活動を脳波分析結果と関連付けた研究はまだ行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、小学生の英語音声教育に文字を導入することが、学習者に負担なのかどうか、また、リズム表示によってどのような効果があるのかについて学習者の脳内変化を調べ、得られた知見から考察を試みた。小学生の英語語彙学習中の音素認識と文字表示に関して以下のリサーチクエスション(RQ)について調べた。

RQ1: ドライ電極を使用して英語語彙学習中の脳内変化が従来型と同様に測定できるか。

RQ2: 英語語彙リスニングにおいてスペル表示有無及びリズム表記有無に関連した脳波変化はあるか。

RQ3: 英語語彙リスニングにおいてスペル表示の効果はあるか。

RQ4: 英語語彙リスニングにおいてリズム表記の効果はあるか。

3. 研究の方法

実験を2回に分けて行った。

3.1 マルチメディア教材の表示と脳波のパイロット・スタディ

3.1.1 参加者

健常な右利き男子(9歳)1名と女子1名(11歳)で行った。本研究の実施に先立ち、所属大学の倫理委員会からヒトを対象とする実験の承認を得、参加者と保護者には実験手順と脳波実験の安全性を説明し、承諾を得た。

3.1.2 実験資料

(1) 実験A

資料として『英語ノート1』(文部科学省, 2009)¹³のLesson 4の会話文を使ったパワーポイントで「音声+絵+スペル有・無」の英語語彙絵カード作成した(資料1)。本実験では英文理解度の違いによる影響を避けるために、それぞれのページに和訳を付加した。

(2) 実験B

リズム教材として著者が*Jazz Chants for Children* (Graham, 1979)¹⁴から修正して作成した教材(RIM)のLesson 1を使用した(資料2)。この教材の音声にはリズムを表すシンバルの

音が強勢音節の位置に録音されている。全ての資料には意味理解のために和訳を付加した。次に、プレテスト及びポストテストとして英文と理解のために絵を加えたテスト資料 (test material, TM) を作成した(Nakano, 1994; 資料3を参照)。参加者の実験中の発話を記録し、発話音声の強勢母音の最大音圧ピーク間を音声分析ソフト(杉スピーチアナライザー, (株) アニモ) を使って計測し ISI とした。

3.1.3 実験手順

参加者にドライ電極式脳波測定キャップを装着し(資料4)、開眼(10秒)・閉眼(10秒)・開眼(10秒)の脳波を測定した後、以下の実験A, Bの2つのプロトコルの実験中の脳波を測定した。実験Bの前後でリズム短縮率がどのように変化するかを調べるために、TMを使ったプレテスト及びポストテストを行った。実験Bはスペルとリズム表示の両方が有る・無しの実験試料「音声+絵+(スペル+リズム)」 「音声+絵」を使用した。実験中の発話はマイク(SONY製 ECM-PC50)を使ってパソコンで録音し、ビデオカメラ(GZ-HM670-A)で記録した。実験後、参加者に実験材料の難易度と脳波キャップ装着に関するアンケート調査を行った(資料4)。

(1) 実験 A

- ① 安静 (3分)
- ② Ken と Mai の会話の「音声+絵」(n=7)を聞く。(1分)
- ③ 「音声+絵」を聞きながら口頭発話する。(1分)
- ④ 「音声+絵+スペル」(n=7)を聞く。(1分)
- ⑤ 「音声+絵+スペル」を聞きながら口頭発話する。(1分)
- ⑥ 安静 (3分)

(2) 実験 B

- ① プレテスト (1分)
- ② 安静 (3分)
- ③ RIM 「音声+絵」(n=7)を聞く。(1分)
- ④ 「音声+絵」を聞きながら口頭発話する。(1分)
- ⑤ 「音声+絵+(スペル+リズム)」(n=7)を聞く。(1分)
- ⑥ 「音声+絵+(スペル+リズム)」を聞きなが

ら口頭発話する。(1分)

⑦ ポストテスト(資料3) (1分)

実験中の脳波測定は国際 10-20 法に基づいて F3, Fz, F4 に当たる部位で測定を行った。脳波信号はバイオアンプ(デジテックス社製 BA1008)で 10000 倍に増幅し、ハイカットフィルター 30Hz, 時定数 0.3 秒のフィルターに通し、サンプリング周波数 1 kHz でパソコンに取り込んだ。

3.2 マルチメディア教材の表示と語彙記憶(実験 C)

小学校 5 年生 6 名(右利き, 男子)の参加者に(「絵」+「音」と(「絵」+「音」+「スペル」)(資料5)の各7個ずつの英語未修語を PC 画面上に提示し、ドライ電極式脳波測定装置を使って学習中の学習者の前頭部に出現した脳波を測定した。

3.2.1 実験手順

- ① 開眼・閉眼 (各 20 秒)
- ② 未修語語彙学習
「音+絵」(n=7) (約 3 分), 「音+絵+スペル」(n=7) (約 3 分)
- ③ 開眼・閉眼 (各 20 秒)
- ④ 算数計算 (5 分)
- ⑤ 語彙記憶テスト: 「音声-絵」マッチング(資料6)
- ⑥ 語彙スペルテスト: 「音声-絵-スペル」マッチング(資料7)
- ⑦ 開眼・閉眼 (各 20 秒)

4. 結果

4.1 ドライ電極の信頼性(RQ1) について

ドライ電極のデータの信頼性についての岡本・夏目(2012)⁹⁾の研究では、従来型の電極皿によって得られたデータとドライ電極での脳波の測定を比較し、ドライ電極の信号が小さい場合もあったが概ね同等な精度であったことが報告されている。本実験でもノイズもなく、測定ができることが分った。キャップ装着時の苦痛と実験後の疲労感に関しては、実験後に参加者に「まったく感じない、感じない、やや感じる、非常に感じる」の選択肢から実験参加者 8 人とも「感じない」と回答した。

実験 A, B で得られたデータの各人の脳波 θ , α , β 波の全領域に対する相対値 (%) を比較し

た(表-1)。Friedman の検定を行った結果、学習中に記録された 3 領域の脳波には有意差がみられ ($\chi^2(2)=39, p<.0001$), 3つの領域の脳波が異なって出現していることを示し, ドライ電極の信頼性も示された。

表-1 実験(A,B)中に出現した θ, α, β 波の領域の相対値(%)

	α 波 (SD)	β 波 (SD)	θ 波 (SD)
相対比率 (%)	8.96 (2.66)	4.87 (2.74)	26.46**** (4.88)

**** $p<.0001$

4.2 リスニング中のスペル表示に関連した脳波変化(RQ2)について

実験(C)の語彙学習中に前頭部で出現する各 α, β, θ 波の全領域に対する各人の相対値(%)はスペル有無の両実験とも θ 波に有意な顕著な変化があり ($p<.0001$), θ 波が学習に関与していることを示した(表-2)。

表-2 スペル表示有・無の学習中に出現した前頭部の α, β, θ 波の比較

	α 波 (SD)	β 波 (SD)	θ 波 (SD)
ス ペ ル有	12.61 (5.18)	4.61 (2.60)	71.23*** (31.39)
ス ペ ル無	9.25 (3.52)	3.00 (1.45)	51.59 *** (18.43)

*** $p<.0001$

4.3 スペル表示の効果(RQ3)

実験 A,C においてスペル表示有の学習中に出現した θ 波パワーはそれぞれ24.34%(SD=4.00), 22.34%(SD=3.80)でスペル無よりそれぞれ有意に高かった ($t=3.20, p<.01; t=4.39, p<.01$) (表-3)。これらの結果からスペル表示有の教材の方が小学校 5 年生の後半ではより学習を進める脳内活動が活性化していることが示唆される。

さらに, 語彙学習後行った語彙記憶テストとスペル記憶テストの平均は, それぞれ 78.57%(SD23.47), 64.28%(SD47.38)であった。両テスト間の Spearman の順位相関では有意な相関があった ($\rho=.986, p<.0$)。これらの結果か

ら, 音と物事の関連付けが出来きる段階の学習者は文字との関連付けもできていることが示唆される。加えて, 5年の3学期の時点で既に音の認識と文字認識(音素認識)能力に上位群と下位群が存在し, 今回の語彙テストとスペルテストの合計点の平均点はそれぞれ, 73.02%, 38.19%で, 上位・下位群間に有意な差があった ($t=3.70, p<.01$) (図-1, 表-4)。

表-3 実験A,Cのスペル表示有・無の教材で出現した θ 波パワー

	θ 波パワー(SD)
スペル表示無 (n=12)	24.34 (4.00)
スペル表示有 (n=12)	22.34 (3.80)

** $p<.01$

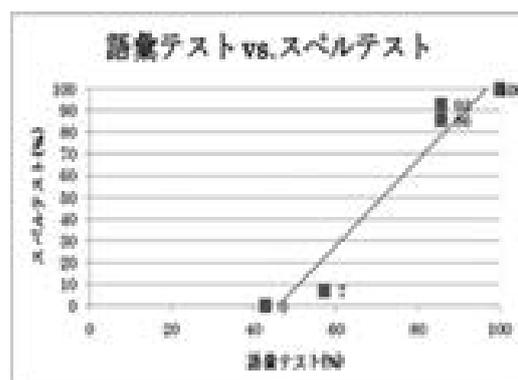


図-1 語彙テストとスペルテストの得点(%)

表-4 スペル表示有・無の教材学習後のスペルマッチング成績

	平均点(%)	(SD)
上位群 (n=16)	73.02	(6.45)
下位群 (n=8)	38.19	(7.88)

** $p<.01$

以上の結果から, 音素認識能力が十分習得できていない生徒にはスペル表示無の教材では学習効果が不十分で, スペル表示有の教材を使用した学習の方が, 今回の実験の結果からは, θ 波の出現も増大し, 効果がある可能性が示された。

4.4 リズム表示の効果(RQ4)

実験BのRIMによるリズム学習の前後のpre-, post-testの資料(TM、資料3)のリズムパターン(P1~P4)とISI/Tの計測法を以下に示す(図-2)。先行研究⁸⁾と同じく、全体の発話継続時間(T)に対するそれぞれのリズムパターン中の強勢間の継続時間(ISI)を相対発話速度(ISI/T)と定義し、2人の実験参加者のpre-, post-testのISI/Tを測定した。

リズムパターン:

P1: cats and dogs (●○○●)

P2: a cat and a dog (●○○●)

P3: a banana and a cat (●○○○●)

P4: a banana and a piano (●○○○○●)

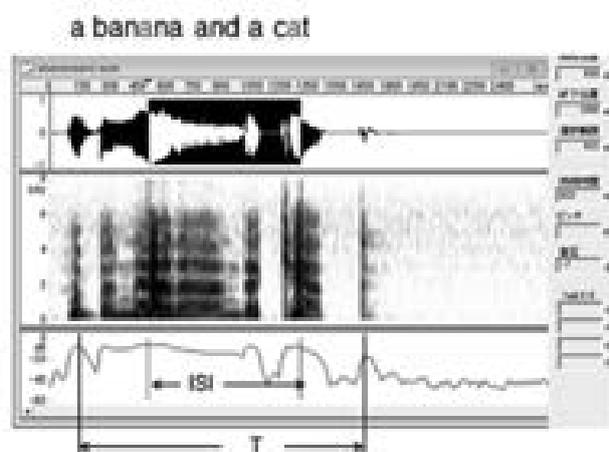


図-2 ISI/Tの測定法

表-5. Pre-test, Post-test 間の相対発話速度 (ISI/T) の差 (n=16)

	ISI/Tの平均 (SD)	
Pre-test	.774	(.071)
Post-test	.648	(.099)

** $p < .01$

表-6. Pre-test, Post-test 間の相対発話速度 (ISI/T) の差 (n=16)

	θ波の比率(%) (SD)	
Beat 有	60.74	(18.73)
Beat 無し	67.03	(13.68)

** $p < .01$

Pre-, post-testのISI/Tの違いについてはpost-testの方が短く発話されていることがわかった(表-5)。Pre-, post-testのISI/T間のt検定を行ったところ、有意差があり($t=3.74$, ** $p < .01$)、実験参加者の数が少ないのでさらにデータを増やす必要があるが、1回のRIMの学習においても英語リズムの習得効果があることが示唆された。

さらにθ波の比率についてbeat表示有とbeat表示無のRIM学習中の平均を計測したところ、それぞれ60.74% (SD 18.73), 67.03% (SD 13.68)で、実験Aの結果と同様にbeat表示無の方がθ波の出現比率が高くなった(表-6)。

これらの結果から、リズム表示が無い場合は、視覚的な強弱リズムの手掛かりがないので音により集中する必要があるが、リズム表示が有る場合は視覚の手掛かりがリズムの判定する能力を強化し、ワーキングメモリーを余分に使う必要がなく、文理解や記憶にワーキングメモリーを使うことができるのではないかと思われる。

5 結論

本研究では、ドライ電極による小学生の英語学習中の脳内変化の測定を試みたが、ドライ電極を使用した測定法はおおむね可能であることが示唆された。さらに、スペル表示とリズム表示の効果を調べるためにθ波の出現率を測定したが、その結果、スペル表示が英語シャドーイング学習時において学習者の負担になっておらず、学習のネットワークの活性化を促進していることが示唆された。

加えて、参加者の発話の音声分析から、スペル表示が音声学習に効果があり、リズム表示がリズム学習に効果があることを示し、スペル表示やリズム表示を伴った音声教材の有効性を示唆した。同様に、語彙学習実験でも、スペル表示の有る教材の方が無い教材よりθ波の出現が有意に高く学習のネットワークの活性化を促進していることが示され、語彙テストの結果から、小学校5年生の後半では既に音素認識の能力が高い群と低い群に有意な差があった事を報告し、低い群には音素認識の教育の必要性を示唆した。

リーパー (2010)¹⁵⁾によれば、アメリカの小学校における母語としての英語の音声指導は、“phonemic awareness (音素認識)”の能力を高めることに徹底していると報告され、アメリカの

約5分の4の州で採用されている共通カリキュラム、Common Core Standards for Language ArtsのReading Standards for K-5(幼稚園から小学校5年生のリーディング教育の標準)のPhonics and Word Recognition(音声学と語認識)の項で、幼稚園最終年までに以下のような能力を養うことを挙げている(和訳は筆者付加)。

・ Demonstrate basic knowledge of one-to-one letter-sound correspondences by producing primary sound or many of the most fluent sounds for each consonant. (語頭又は頻度の高い子音を発音して1対1の文字と音の対応ができる。)

・ Associate the long and short sounds with common spellings (graphemes) for the five major vowels. (主要5母音の単・長音とスペルの関連付ができる。)

・ Read common high-frequency words by sight (e.g., the, of, to you, she, my, is, are, do, does). (頻度の高い語を見て読むことができる。)

・ Distinguish between similarly spelled words by identifying the sounds of letters that differ. (音の違いを識別して類似したスペルの語を区別できる。)

このようにアメリカのL1学習者の初期の英語教育では“phonemic awareness(音素認識)”を重視し、文字を含めた学習を初期の段階から行っている。我が国の小学校英語教育では、どのようなカリキュラムの中で小学校英語活動にスペル表示を取り込んでいくのか、3年で学習するローマ字や中学校で学ぶ英語のライティングと有機的にスパイラルに繋げながら効果的な教授法と学習教材を構築する必要がある。

本研究結果から、語彙学習用教材は「絵+音声+スペル表示」の教材を繰り返しながら徐々に語彙や表現を増やしていくものが効果的であり、音声リズム用教材は「絵+音声+英文+リズム表示」の教材を繰り返しながら徐々に表現を増やしていくものが効果的であることが示唆される。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号23520732)の助成を受けた。

引用文献

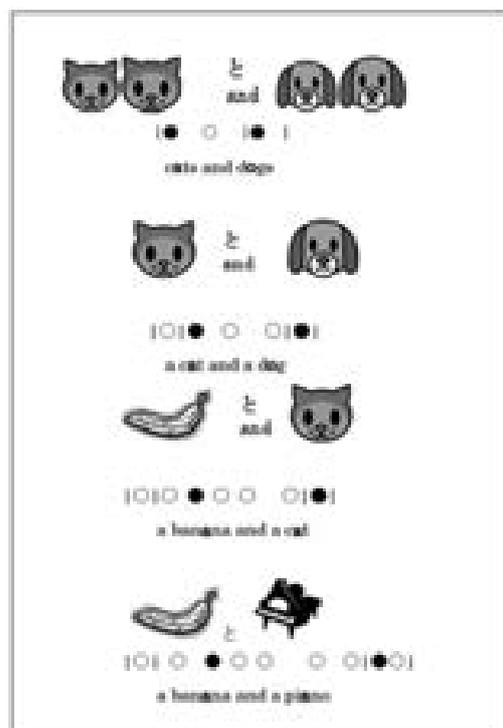
- 1) 文部科学省
- 2) 岡秀夫, 金森強(編著)(2010).『小学校英語教育の進め方』成美堂.
- 3) 和歌山県教育センター(2009)「外国語活動の効果的な指導に関する実証的研究—『英語ノート』及びICT教材を活用した授業モデルの構築—」『平成21年度和歌山教育センター学びの丘研究紀要』. Retrieved November 1, 2010, from www.wakayama-edc.bigu.jp/kenkyukiyo21/H21/H21-4.pdf
- 4) Ishihara, T., & Yoshii, N. (1972). Multivariate analytic study of EEG and mental activity in juvenile delinquents. *Electro-encephalography and Clinic Neurophysiology*, 19, 305-308.
- 5) Caplan, B., & Glaholt, G. (2007). The roles of EEG oscillations in learning relational information. *Nueroimage*, 38, 604-616.
- 6) Natsume, K., & Kometani, K. (1997). Theta activity-dependent and -independent muscarinic facilitation of long-term potentiation in guinea pig hippocampal slices. *Neurosci. Res.*, 27 (4), 335-341.
- 7) Nakano, H., Yoshida N., & Natsume, K. (2007). Analysis of EEG pattern measured at eight electrodes on L2 English rhythm acquisition. *Language Education & Technology*, 44:155-167.
- 8) 中野秀子・夏目季代久(2011).「英語リズム教材による学習と脳波変化の特徴—ビート音の効果—」*Computer & Education*, 31, 88-93.
- 9) 岡本達也・夏目季代久(2012).「ブレイン・コンピュータ・インターフェースを用いたゲームの実用化に向けて」*IEICE Technical Report*.
- 10) 中野秀子(2013).「小学校外国語活動における文字とリズム表示—脳波分析のパイロット・スタディを加えて—」『九州英語教育学会紀要』, 41, 87-96.
- 11) Nakano, H. (1994). Teaching English Phonological Rhythm Using Jazz Chants, 『英語学と英語教育学』(Ed) Shimaoka et. al., 295-309, Tokyo: Kairyudo.

- 12) 中野秀子, 奥田裕司, Williamson, R. (2004). 「コンピュータを利用した英語リズムパターン学習におけるリズム提示の視覚・聴覚効果の分析」 *Computer & Education*, 16, 95-101.
- 13) 文部科学省 (2009). 『英語ノート1』教育出版.
- 14) Graham, C. (1979). *Jazz Chants for Children*. Oxford University Press.
- 15) リーパーすみ子 (2010) 『アメリカの小学校ではこうやって英語を教えている』 径書房.
- 16) Common Core State Standards Initiative <http://www.corestandards.org/>, 2015年11月21日アクセス.
- 17) Sugiura, L., Shiro Ojima, S., Matsubara-Kurita, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Katura, T., & Hagiwara, H. (2011). Sound to language: Different cortical processing for first and second languages in elementary school children as revealed by a large-scale study using fNIRS. *Cereb Cortex*, 21(10), 2374-2393, doi: 10.1093/cercor/bhr023.

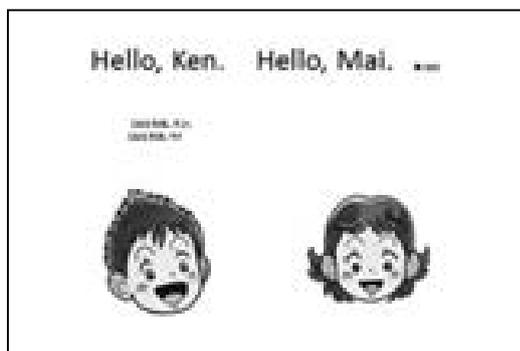
資料 2. 実験 B で使用したカードの例



資料 3. 実験 B の pre-, post-test として使用したテスト資料



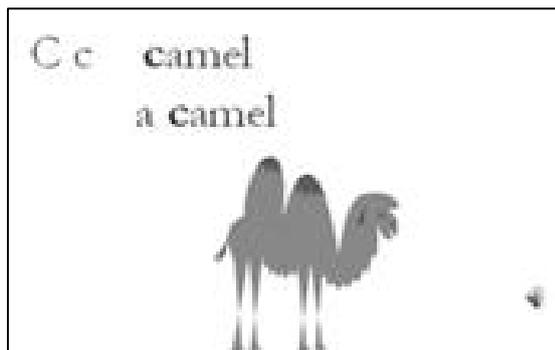
資料 1. 実験 A の語彙カードの例



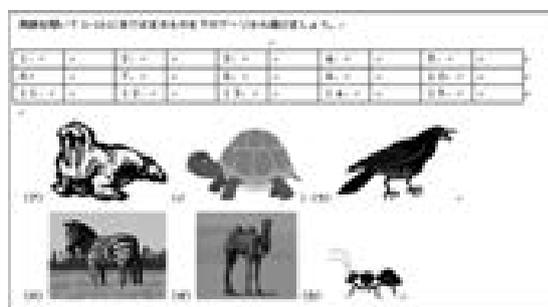
資料 4. ドライ電極による脳波測定



資料5 実験Cで使用した語彙カードの例



資料6. 実験Cで使用した「音声—絵」マッチングテストの一部



資料7. 実験Cで使用した「音声—絵—スペル」マッチングテストの一部



(原稿受付 2015年 12月)

高エネルギー中性粒子照射による樹脂およびセラミックス表面の改質法

生地文也¹、三浦栄次²、亀井龍一郎³

¹九州共立大学総合研究所、²(株)新興精機、³誠南工業(株)

A novel method for modification of polymer and ceramic surfaces by energetic neutral particle irradiations

Fumiya SHOJI, Eiji MIURA, and Ryuichiro KAMEI

Abstract

We propose a method for polymer and ceramic surface modifications by the energetic neutral particle irradiation. A peculiarity of the method is that a lattice type carbon cathode is inserted in the low pressure plasma, in order to change ions into the energetic neutrals atoms/molecules through ion-surface interactions. Using this method, we showed that the films on polymer and ceramic surfaces were successfully removed by the sputtering due to the 900 eV- Ar neutrals, and the sputtering rates for Ag and Au were 0.72nm/sec and 0.42nm/sec, respectively. Furthermore, from the water droplet contact angle measurement, it was found that the 900eV- N₂ particle irradiation process of 300s resulted in $\theta=18^\circ$ and $\theta<5^\circ$ for the polycarbonate surface and the aluminum oxide surface, respectively.

Keywords: plasma, neutral particle, surface modification, polymer, ceramic,

1. はじめに

近年、プラズマの医療分野への応用に関する研究が盛んになってきた¹⁻⁴⁾。治療技術の分野では、様々な気体のイオン種やラジカル種の生成が室温領域で可能な大気圧非平衡プラズマが注目されている^{2,5)}。一方、生体適合性と十分な機械的強度、耐摩耗性および耐食性が求められる生体材料の分野でも大気圧非平衡プラズマによる表面改質についての報告例がある^{6,7)}。しかし、ステント、人工心臓弁、人工関節、デンタルインプラントなどに使用されるステンレス鋼やチタン合金、また硬組織の補綴に使用されているセラミックス、更に、人工関節、人工血管、人工弁、人工心臓、カテーテルなどに使われている高分子(樹脂)材料等で要求される優れた耐食性と高い耐摩耗性付与に対し、表面との物理的相互作用が弱い現状の大気圧非平衡プラズマのみでは対応は難しいと云わねばならない。このような問題の解決には表面との強い物理的相互作用に加えて化学的相互作用の期待できる低压非平衡プラズマプロセスは興味深い対象であるが、生体材料の表面改質に特化した技術の報告例はないように思われる。

そこで本研究では、樹脂やセラミックスのよう

な絶縁物が多く用いられる生体材料も見据え、プラズマ励起ガスの選択や照射エネルギーの最適化によって、従来の化学修飾では困難なやや深い樹脂表面層の分子切断による表面改質、またコーティングによる表面改質、更に、希ガス励起プラズマを使って生成した高エネルギー中性原子照射によるセラミックス表面の改質に加えて微細加工も期待できる低压非平衡プラズマプロセスの開発に取り組むことにした。

本論文では、考案した新規の低压非平衡プラズマプロセスによる金属、樹脂およびセラミックスの表面改質法について、その原理を述べると共に試作した装置を使っておこなった高エネルギー(0.2~1.0keV)中性粒子・分子照射による金属表面、樹脂およびセラミックス表面の改質結果について述べる。

2. 高エネルギー中性原子・分子生成法

高エネルギー中性原子・分子生成は熱電子源を有する低压プラズマ源に特異な格子状カーボンカソード電極を組み合わせることによって可能となっている。高エネルギー中性原子・分子生成装置の概略を図1に示す。本装置の主要部は、図1(a)に示すように熱電子源(Wフィラメ

ント) とアノード電極および格子状カーボンカソード電極から成る電気回路、そして永久磁石と鉄ヨークからなる磁気回路から構成されている。また、装置内はターボ分子ポンプと油回転ポンプからなる排気系によって 5×10^{-6} Pa まで排気できるようになっている。

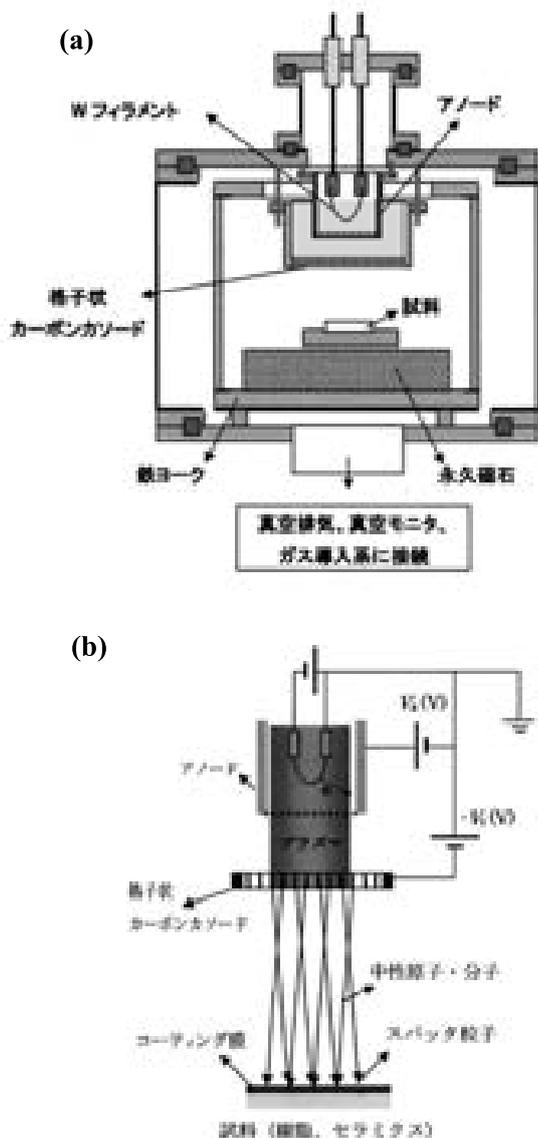


図1 高エネルギー中性原子・分子生成法の概略
(a) 装置内部の構成, (b) 高エネルギー中性粒子・分子生成法の原理

このような装置構成の下、装置内を 10^{-4} Pa 以下に排気後、所望のプラズマ励起原料ガスを導入して 10^{-1} Pa のオーダに保ち、アノード電極電圧 (V_a (V)) を 100V にして、W フィラメントを加熱することによってアノード電流値を ~ 200 mA すると、図2(a)に示すように、ほぼ柱状の濃いプラズマ(この場合は Ar ガスを原料としている

ため Ar プラズマである) が発生する。この特異な柱状プラズマは、磁気回路による鉛直方向の強い磁場と円筒状アノード電極電圧により生ずる電場によるものである。

このように生成した柱状プラズマは図1(a)に示した永久磁石上に配置している試料表面にまで達していることが観察から分かった。一方、このようなプラズマ状態を保持し、格子状カーボン電極を負電圧にすると図2(b)に示すように、試料表面上にまで達していた濃い柱状プラズマは消失することが観察から分かった。この現象は、図1(b)に拡大して示すように、格子状カーボン電極が負電圧になることによって図1(a)の熱電子プラズマ源内のイオンのほとんどがカーボン電極表面に引き付けられ衝突し、その大部分が基底状態の高エネルギー中性粒子になるためであると考えれば説明できる。これが事実であれば、格子状カーボン電極電圧を $-V_c$ (V) とすると $E = (V_a + V_c)$ eV によって表されるエネルギーの中性粒子が生じて試料表面を衝撃することになる。結局、本装置を使えば、試料表面上では、図1(b)に示すような表面コーティングあるいは表面スパッタリングが、プラズマ励起ガスの選択とカーボン電極電圧の選択によって可能になると云える。

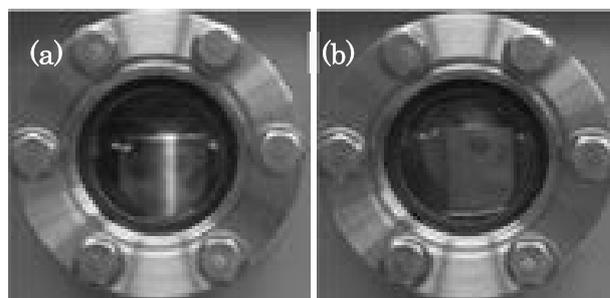


図2 Ar 圧 10^{-1} (Pa) で生成したプラズマ
(a):カーボンカソード電圧 0V
(b):カーボンカソード電圧 -800V

格子状カーボンカソード電極表面では $E < 1$ keV の入射イオンの中性化率は希ガスの場合 100%に近い^{8,9)}ことが知られ、さらに希ガスイオンが Ar の場合ではスパッタリング率は ~ 1 KeV 領域で 0.12 程度¹⁰⁾と他のどの金属よりも小さいことが知られている。このことから、希ガスを用いる場合では、カーボン汚染の極めて少ない状況下で、きわめて高効率に、試料表面をスパッタリングできると考えられる。このような

状況は他のガスイオンにも当てはまるといえる。

3. 実験結果および考察

3-1 Ar ガスを用いた場合の試料表面スパッタリング

ここでは、**図 1** に示した装置を使い、真空排気後装置内を Ar ガス導入によって 3×10^{-1} Pa に保ち、アノード電圧-電流が 100V-200mA のプラズマを励起し、これを利用しておこなった試料表面処理の結果について述べる。

図 3 は透明樹脂基板上に 50nm の ITO 膜を成膜したものを試料とし、その表面を格子状カーボンカソード電圧-電流を -800V-10mA にして 5 分間照射処理した結果である。

これより、処理後の写真 (b) から中性 Ar 粒子照射 (四角内) によって、樹脂表面から ITO 膜が除去されていることがはっきりと分かる。

図 4 は走査電子顕微鏡用フィラメントとして市販されているセラミックス部品表面がフィラメントの消耗によって W 膜で黒色に汚染されているものを試料とし、この表面を中性 Ar 粒子照射によって処理した結果である。この結果から、**図 3** と同様、処理後の写真 (b) から Ar 粒子照射 (中心付近の円形内) によって、セラミックス表面の W 皮膜が除去されてセラミックスの白い地肌色になっていることがはっきりと分かる。

図 3 および **図 4** の結果は、**図 1 (b)** に示した模式図から、プラズマ中の Ar イオンが格子状カーボンカソード表面に衝突する際に中性 Ar 粒子に戻り高エネルギーの状態を保持した状態で試料表面に衝突した結果、樹脂表面からは ITO 膜が、またセラミックス表面からは W 膜がスパッタリングによって除去されたためであると考えれば説明できる。

次に、中性 Ar 粒子によるスパッタリング効果が試料表面でどの程度期待されるかについて Ag 薄膜と Au 薄膜を試料とした場合について調べた結果を述べる。この調査には水晶振動子を使った膜厚計を利用した。予め蒸着によって厚く成膜した水晶振動子表面を使い、これを膜厚計ヘッドに装着して **図 1 (a)** の試料位置に置き、中性 Ar 粒子照射による膜厚の減少を観察した。**図 5** は Ag 膜および Au 膜の膜厚の減少速度 (スパッタリング速度) を格子状カーボンカソード電圧の関数で調べた結果である。これから、何れの金属膜もカソード電圧が高くなるにつれてスパッタリング速度は増大していることが分か

る。また、この結果から、-800V では Ag 膜が 0.72 nm/sec、また Au 膜が 0.42nm/sec の速度でスパッタされていることがわかる。ここで、金属表面の単位面積当たりの原子数が約 10^{15} 個/cm² であることを踏まえると、-800V のカーボンカソード電圧での中性 Ar 粒子によるスパッタリング速度は原子数に換算すると Ag 膜では約 3×10^{15} 個/sec、また Au 膜では約 2×10^{15} 個/sec と見積もられることが分かる。さらに、900eV の Ar イオンの Ag に対するスパッタリング率が約 5 個/イオンであること踏まえ、これと同じスパッタリング率が中性 Ar 粒子においても期待できると仮定すれば、試料表面には 7.5×10^{14} /sec の中性 Ar 粒子が飛来しているといえる。また、この値は格子状カーボンカソード電流が 10mA であったことから算出される 6.2×10^{16} のイオン数の約 1/100 であるといえる。

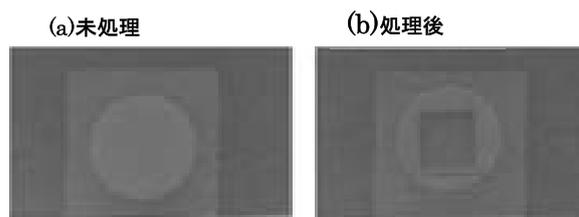


図 3 (a) : 50nm の ITO 膜を円形状に成膜した透明樹脂基板表面の写真。
(b) : 格子状カーボンカソード電圧-電流を -800V-200mA に保ち 5 分間照射処理した表面の写真。

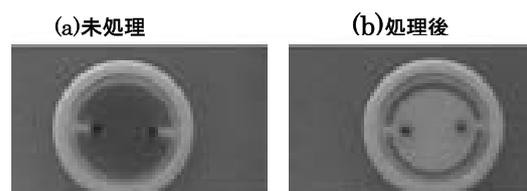


図 4 (a) : W フィラメントの消耗によって汚染された走査電子顕微鏡用フィラメント取り付けセラミックス表面の写真。**(b)** : 格子状カーボンカソード電圧-電流を -800V-200mA に保ち 10 分間照射処理後の写真。

次に、ガラス試料表面におけるスパッタエッチング速度について述べる。この測定では、アノード電圧-電流を 100V-200mA、また格子状カーボンカソード電圧-電流を -800V-10mA に固定し、中性 Ar 粒子照射をガラス試料表面に 30 分間照射した。この中性 Ar 粒子照射中は、ガラス試料表面を **図 6 (a)** に示すようにマスクした。**図 6 (b)** は光干渉法によって撮った中性 Ar 粒

子照射領域の干渉縞である。写真から、はっきりと段差（点線内）が干渉縞に現れていることが分かる。この段差は図6(a)のマスクされていないガラス表面が中性 Ar 粒子によってスパッタエッチングされたためである。波長 547.7nm の光干渉縞であることから、このエッチング深さは 154nm であることが分かった。この結果より、この中性 Ar 粒子によるガラス試料表面のスパッタエッチング速度は 5.1nm/min であることが分かった。

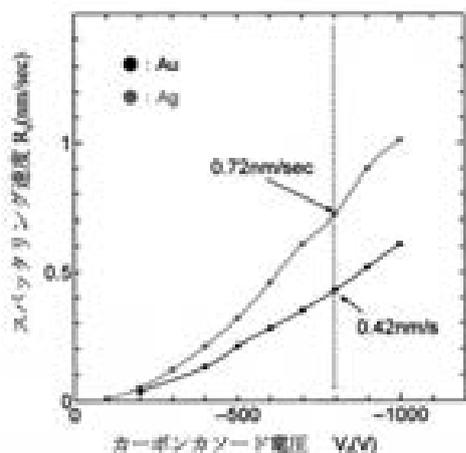


図5 中性 Ar 粒子の Ag 膜および Au 膜に対するスパッタリング速度。Ar 圧 4×10^{-1} Pa, アノード電圧-電流: 100V-200mA, 格子状カーボンカソード電流 10mA.

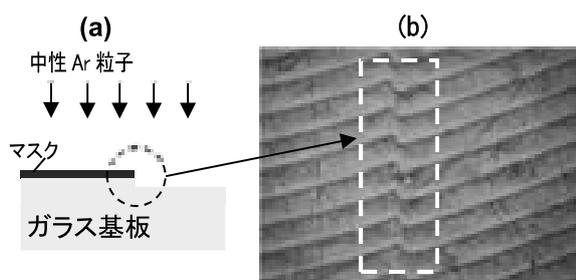


図6 中性 Ar 粒子照射によるガラス試料表面のエッチング。

(a) : ガラス表面エッチングの模式図、(b) : エッチング表面における干渉縞 (波長 547.7nm)

3-2 Ar ガスおよび N₂ ガスを用いた試料表面の改質

ここでは、真空排気後、Ar ガスあるいは N₂ ガスを導入して装置内の圧力を 3×10^{-1} Pa に保ち、アノード電圧-電流が 50V-200mA のプラズマを励起しておこなった表面改質効果を接触角の測定から調べた結果について述べる。

まず、格子状カーボンカソード電圧-電流を -850V-10mA に保ち、生成した中性 Ar 粒子をセラミックス (Al₂O₃) 表面に 180 秒間照射した場合について、接触角変化を調べた結果を図7に示す。これから、未処理表面では $\theta = 72^\circ$ であった接触角が、照射処理直後 (大気圧中に取り出した直後) には $\theta = 18^\circ$ と小さくなり、粒子照射効果が現れていることが分かる。

次に、同じアルミナ試料表面を 300 秒間照射した場合の結果を図8に示す。照射直後の表面では $\theta < 5^\circ$ であるが、接触角は大気中放置時間と共に次第に増大し、大気中 19 時間経過後では 35° になっていることが分かる。このことから、明らかに中性 Ar 粒子照射によって、アルミナ表面の親水性は大幅に改善できるといえる。また、その改善の度合いは Ar 照射時間が長いほど大きいといえる。さらに、照射後 19 時間経過後でも接触角は未処理表面に比べて小さいことから、親水性の高い表面状態が長く保たれることが分かる。



図7 中性 Ar 粒子照射 (180 秒) によるアルミナ表面の改質効果

(a) 照射前 (未処理) 表面の接触角
(b) 照射直後の表面における接触角

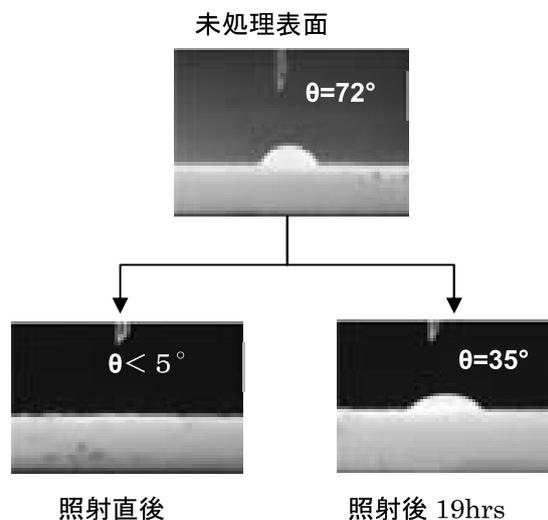


図8 中性 Ar 粒子照射(300 秒)によるアルミナ表面の改質効果. 大気中露出後の接触角

次に、ポリカーボネート表面に対し、アルミナ表面を照射した時と同じエネルギーの中性 N_2 粒子を照射した場合、および中性 Ar 粒子を照射した場合について測定した接触角の経時変化の結果を図9に示す。

図9から、照射直後の表面で比較すると、中性 Ar 粒子照射の方が中性 N_2 粒子照射の場合より親水性が良いことが分かる。しかし、経時変化に注目すると、中性 Ar 粒子照射面の方が親水性の悪化速度は大きいといえる。一方、中性 N_2 粒子照射面では親水性の悪化速度は緩やかであり、10日後であっても接触角は照射前（未処理）の約81%となっており、親水性の高い状態が長く保持されていることが分かる。

図7～図9に述べた中性粒子照射表面の接触角の結果から、セラミックス表面であっても樹脂表面と同様、中性 Ar 粒子照射によって極めて親水性の高い表面を実現できるといえる。

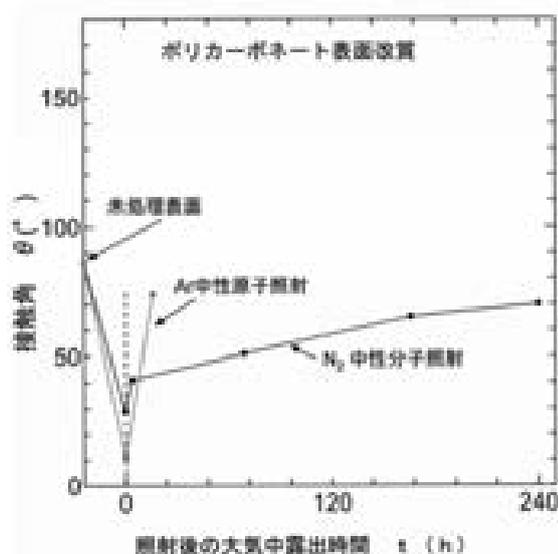


図9 中性 Ar および中性 N_2 粒子照射によるポリカーボネート表面の接触角の変化。照射粒子のエネルギー:900eV
照射時間:100秒

4. まとめ

樹脂およびセラミックス表面を改質（機能化）する目的で考案した高エネルギー中性粒子照射による表面改質法について、以下のことが明らかになった。

(1)ガス圧が 3×10^{-1} Pa の時、アノード電圧 (50-100V)-電流 (200mA) において、高密度プラズマが生成する。

(2)格子状カーボンカソード電圧 (-0.2kV ~ -1kV)-電流 (10mA) の時、Ar ガスを用いたプラズマでは試料表面の汚染膜がスパッタリングによって取り除かれること、またガラス表面がスパッタエッチングされる事から、カーボンカソード表面においてプラズマからの Ar イオンのほとんどが基底状態の中性 Ar 粒子になっている。

(3)Ar ガスおよび N_2 ガスプラズマを用いておこなった表面改質効果について、以下のことが分かった。

- ・セラミックス表面の場合、金属付着などによる汚染が900eVの中性Ar粒子によりスパッタクリーニングできる。

- ・樹脂表面の場合、900eVの中性Arにより樹脂基板上ITO膜の除去が低温(100℃以下)で可能である。

- ・AgおよびAuに対するスパッタリング速度を-0.1kV~-1.0kVのカーボンカソード電圧で調べた結果、-0.9kVの電圧においてAgで0.72nm/s、Auで0.42nm/sである。この結果を、表面に飛来している中性Ar粒子数に換算すると約 7.5×10^{14} 個/secとなる。

- ・900eVの中性Ar粒子では、ガラス表面は5.1nm/minの速度でエッチングできる。

- ・ポリカーボネートおよびアルミナ表面に900eVの中性Ar粒子および中性 N_2 粒子を照射すると接触角が著しく小さくなる。

以上のことを踏まえると、本改質法を生体材料の樹脂に適用した場合、ガラス転移温度が100℃以上であれば高エネルギー希ガス粒子照射によって表面清浄化および表面エッチングが可能であり、またセラミックスに適用した場合であっても同様の処理ができるといえる。

また、今後、窒素や酸素のような活性ガスを用いた場合では、粒子エネルギーの選択によって生体材料表面の窒化あるいは酸化処理が期待できる。さらに、炭化水素系ガスを使ってプラズマを励起すれば、所望のエネルギーの炭化水素ラジカルによる表面照射が可能となり、例えば、生体材料表面上カーボン系薄膜コーティングが期待できる。

参考文献

1) 永津雅章, 荻野明久, バイオ・医療分野におけるプラズマ科学技術の展開, J. Plasma Fusion Res. 87, 715-720, 2011.

- 2) 浜口智志, プラズマ医療におけるプラズマ生体相互作用, *J. Plasma Fusion Res.* **1.87**, 696-703, 2011.
- 3) G. Y. Park, S. J. Park, M. Y. Choi, I. G. Koo, J. H. Byun, J. W. Hong, J. Y. Sim, G. J. Collins and J. K. Lee, Atmospheric-pressure plasma sources for biomedical applications, *Plasma Sources Sci. Technol.* **21**, 043001, 2012.
- 4) M. Keidar and E. Robert, Plasmas for medical application, *Physics of Plasmas*, **22**, 121901, 2015.
- 5) M. Keidar, A. Shashurin, O. Volotskova, M. A. Stepp, P. Srinivasan, A. Sandler, and B. Trink, Cold atmospheric plasma in cancer therapy, *Physics of Plasmas* **20**, 057101, 2013.
- 6) B. Hergelová, T. Homola, A. Zahoranová, and T. Plecenik, Plasma Surface Modification of Biocompatible Polymers Using Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge, WDS'12 Proceedings of Contributed Papers, Part II, 128–133, 2012.
- 7) T. Homola, J. Matoušek, B. Hergelová, M. Kormunda, L. Y. L. Wu, and M. Černák., Activation of poly (methyl methacrylate) surfaces by atmospheric pressure plasma, *Polymer Degradation and Stability*, **97**, 886–892, 2012.
- 8) 応用物理学会編, 応用物理データブック, (丸善、平成6年) p. 275.
- 9) H. D. Hangstrum, Reflection of noble gas ions at solid surfaces, *Phys. Rev.*, **123**(1961) 758
- 10) 応用物理学会編, 応用物理データブック, (丸善、平成6年) p. 308.

(原稿受付 2015年 12月)

ワイヤループを用いたタッチトレーサーの教材開発

山口 静夫
九州共立大学総合研究所

Development for a Teaching Material Based on Touching Tracer Using a Wire Loop
Shizuo YAMAGUCHI

Abstract

Electronic handicrafts and electronic experiments based on natural energies and scientific grounds are especially required at early time of schoolchildren from the viewpoint of environments of the earth. This paper proposes a teaching material as the touching tracer with a wire loop using a thyristor, transistor, relay, buzzer and melody IC suitable to address schoolchildren's needs. As a result, the touching tracer with a wire loop is operated on beep sound with a buzzer when the wire loop touched to a wire trap such a trace from start to goal. The beep sound with a buzzer is canceled by using a push button (P.B).

Keywords: Children's handicraft, Touching tracer, Thyristor, Relay

子ども向けの工作, タッチトレーサー, サイリスタ, リレー

1. はじめに

従来から本研究では主に、太陽光や風力などの自然エネルギーを利用した小学生向け工作テーマの開発を行ってきた^{1,2)}。今回は、少し趣を変えて完成した作品を動作させて親しむという観点から、工作テーマに電子回路を取り入れてゲーム感覚で楽しめるようにした。具体的には、むき出しの銅線を折り曲げたワイヤトラップを設け、その中にワイヤループを通して、これをスタートからゴールの箇所までワイヤトラップに接触しないで短時間にトレースできるかをチャレンジする。なお接触した場合には、ブザー等のアラームが鳴るようになっており、プッシュボタンでリセットすることにより継続して行える。これは、愛知工業大学の中野寛之先生等が作成された教材の一部を参考にさせていただいた³⁾。

2. タッチトレーサーの概要

タッチトレーサーは、主にワイヤトラップ、ワイヤループおよびその制御回路から構成される。

2.1 タッチトレーサーの構成

Fig.1 に、タッチトレーサーの構成図を示す。図から、各自が工夫して曲げやループ状のひねりをデザインしたワイヤトラップのむき出しの銅線に単3電池を2個直列に接続した $V_{cc}=3V$ を加え、さらにプッシュボタン(P.B)を介して制御素子

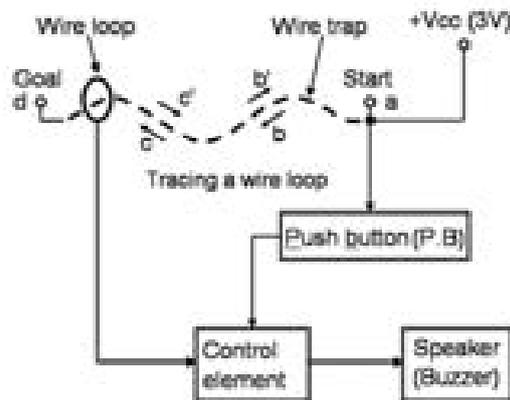


Fig.1 Block diagram of the touching tracer using a wire trap, wire loop, P.B, control element and a speaker

にこの電圧を加えている。次にワイヤトラップに通したワイヤループをスタート a からゴール d に向けて b → c のようにトレースする。ここでトレースの途中でワイヤトラップにワイヤループが接触すると制御素子が動作して、スピーカもしくはブザーのアラーム音が鳴り続ける。このアラーム音を解除するには、ワイヤトラップにワイヤループが接触しないようにして、プッシュボタンを押してリセットする。さらにトレースする方向を逆にして d → c' → b' → a のようにも行える。

2.2 ワイヤトラップ

Fig.2 にワイヤトラップの一例を示す。この①ワイヤトラップは、直径 1.6~2φ、長さ 60~65cm

のむき出しの銅線を任意に折り曲げ、トラップを3~5箇所設けている。図から①むき出しの銅線の両端から②ビニールチューブを入れ、①銅線と接触しない状態でワイヤループが吊り下げられるようにし、その両端に③圧着端子を取り付けてサイズが(W)223×(H)160×(D)82mmのパッケージに固定している。次に①ワイヤトラップの右側に④スタートと左側に⑤ゴールを設け、これにワイヤループを通して往復方向にトレースができるようにしている。

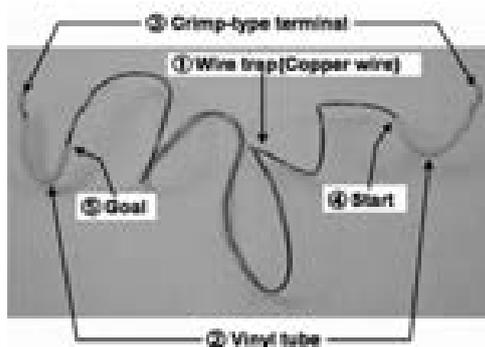


Fig.2 External appearance of bending a copper wire with the traps

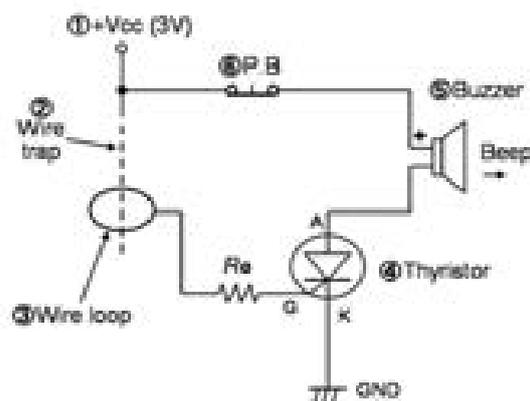
2.3 制御回路

タッチトレーサー用の制御回路として、以下に示す(1)~(3)の3種類について述べる。

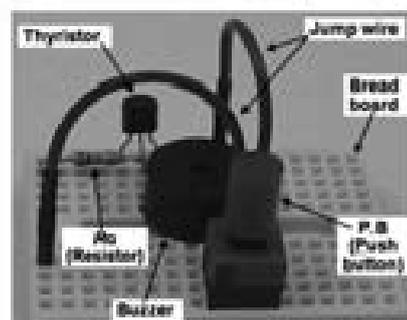
(1) サイリスタによる制御回路 I

Fig.3 に制御回路 I の回路図(a)とその外観(b)を示す。図(a)からはじめに電源の①+Vcc=3V を②ワイヤトラップと⑥P.B(押しボタン)を介して⑤ブザー(BB04-SE12SHPR)の+から④サイリスタ(X0202MA)のアノード A に加えている。ここで③ワイヤループが②ワイヤトラップのスタートからゴールにトレースする際、接触したとすると電源から $R_G=20k\Omega$ の抵抗を通して④サイリスタのゲート G からカソード K へゲート電流 I_G が流れる。これにより④サイリスタが ON して、アノード A からカソード K へアノード電流 I_A が流れることにより⑤ブザーが鳴る。このとき②ワイヤトラップと③ワイヤループを接触しないようにしても、④サイリスタは ON 状態を保持して⑤ブザーは鳴り続ける。⑤ブザーの音を停止するには、⑥P.B を押すことにより①電源と④サイリスタの接続を開いて④サイリスタを OFF にする。

このとき⑥P.B は、ブレーク接点を用いている。次に図(b)は、ブレッドボード(BB-601)上にサイリスタ等をマウントし、素子の端子間をジャンプ



(a) Circuit diagram of the control circuit I



(b) External appearance of the control circuit I

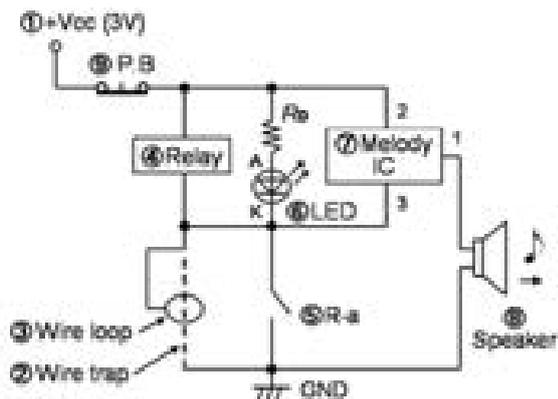
Fig.3 Circuit diagram and external appearance of the control circuit I using a thyristor

線で接続した制御回路 I の外観を示している。

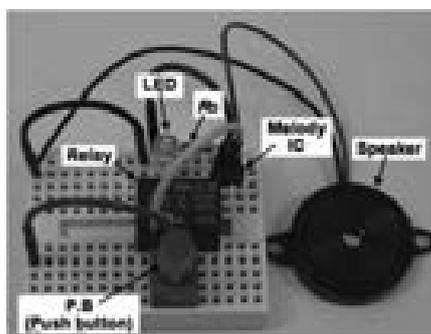
(2) リレーによる制御回路 II

Fig.4 に制御回路 II の回路図(a)とその外観(b)を示す。図(a)から回路動作について以下に述べる。

はじめに③ワイヤループが②ワイヤトラップのスタートからゴールにトレースする際、接触したとすると電源の①+Vcc=3V から⑨P.B と④リレーのコイルを介して電流 I_R が流れる。その結果、④リレーが動作してそのメーク接点⑤R-a が ON となることにより④リレーが自己保持して動作を継続する。これと同時に⑥LED に $R_D=240\Omega$ の抵抗を通して A→K に電流が流れ、LED を赤く点灯させている。さらに⑦メロディ IC を動作させ、その出力に⑧スピーカを接続してカッコウワルツ等を奏で続けるようにしている。次に⑥LED の光や⑦メロディ IC の音を停止するには、⑨P.B を押すことにより①電源と④リレーの接続を開いて、④リレー自己保持を解除することにより④リレーを OFF にすることができる。ここでリレーは DC3V 用の 946H-1C-3D を使い、その駆動電流は 67mA と大きかった。さらにスピーカはピエゾ素子の PT08-Z185 を用いた。

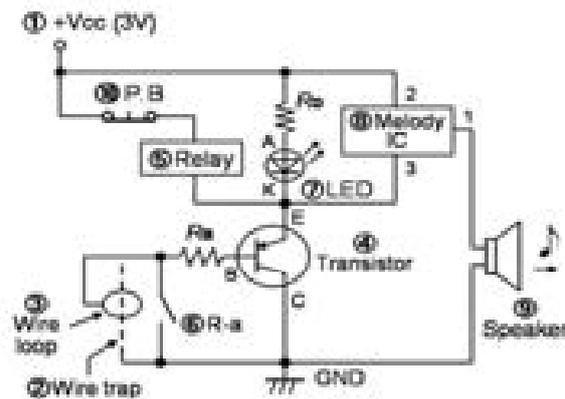


(a) Circuit diagram of the control circuit II

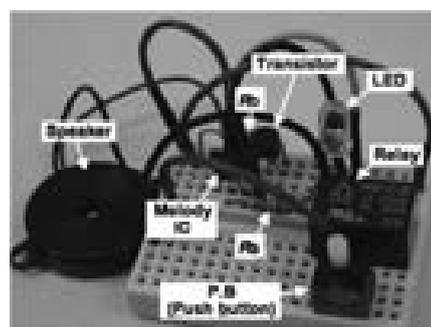


(b) External appearance of the control circuit II

Fig.4 Circuit diagram and external appearance of the control circuit II using a relay



(a) Circuit diagram of the control circuit III



(b) External appearance of the control circuit III

Fig.5 Circuit diagram and external appearance of the control circuit III using a transistor and a relay

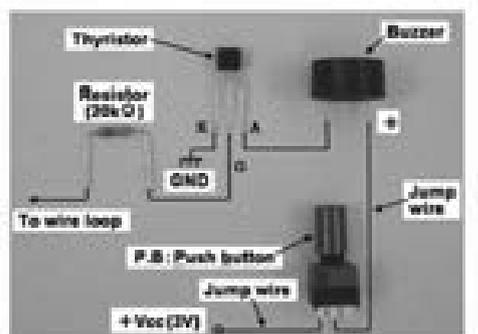
(3) トランジスタとリレーによる制御回路Ⅲ

Fig.5 に制御回路Ⅲの回路図(a)とその外観(b)を示す. 図(a)から③ワイヤループが②ワイヤトラップに接触した場合を想定すると, 電源の①+Vcc=3Vから⑩P.B.と⑤リレーのコイルを介して④トランジスタ(2SA1015)のエミッタ E からベース B にベース電流 I_B が流れる. ここで $R_B=430\ \Omega$ とした. その結果, ④トランジスタが ON して⑤リレーが動作し, そのメーク接点⑥R-a が ON となることにより⑤リレーが自己保持して④トランジスタおよび⑤リレーの動作を持続させている. これと同時に⑦LED に $R_D=180\ \Omega$ の抵抗を通して A→K に電流が流れ, LED を赤く点灯させている. さらに⑧メロディ IC を動作させ, その出力に⑨スピーカを接続して各種のメロディを奏で続けるようにしている. 次に⑦LED の光や⑧メロディ IC の音を停止するには, ⑩P.B. を押すことにより①電源と⑤リレーの接続を開いて⑤リレーの自己保持を解除し, ④トランジスタを OFF することにより⑤リレーを OFF している. この制御回路Ⅲは, 制御回路Ⅱに比較して⑤リレーの ON-OFF を直接駆動するのではなく,

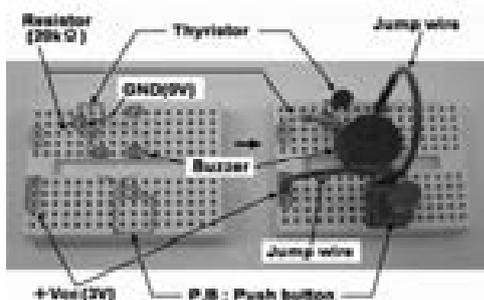
④トランジスタを介して行っているため, ③ワイヤループから②ワイヤトラップに流れる電流は 5mA 程度と小さく, 実験の際は安全といえる.

3. 制御回路配線時の工夫

この工作テーマは小学生高学年から中学生を対象としているが, 参加者がはじめて電子部品や素子を扱うことを前提として, 制御回路Ⅰをブレッドボード上に配線する際, Fig.6 に示す工夫を行った. 図(a)は制御回路Ⅰの実体配線図を示している. これにより, 回路図が読めなくとも実際の電子部品と素子をわかりやすく配置し, ジャンプ線を用いて配線している. 図(b)は電子部品や素子をブレッドボード上に配置して配線する際, あらかじめブレッドボード上に電子部品の形状や使用する穴の記しを図のように記載し, わかりやすくしている. すなわち記しを付けた位置に電子部品や素子を極性に注意して差し込み, ジャンプ線でその端子間をつなぐ. なお参加者には, 事前にブレッドボードの穴の接続図を配布しておき, 縦側の穴が繋がっていることを周知している.



(a) Wiring diagram using the electronic parts



(b) Layout of the electronic parts on a breadboard

Fig.6 Wiring diagram and layout of the electronic parts for the control circuit I

4. タッチトレーサーの動作

Fig.7に⑦制御回路Iを用いた場合のタッチトレーサーの外観を示す。図から直径20φ程度の③ワイヤループを入れた④ワイヤトラップの両端をバックケースのA,Bにビスで固定する。次に①バッテリーボックスの②スイッチをONにして、⑦制御回路Iに電源を加える。③ループワイヤを⑤スタートから⑥ゴールにa→b→c→dのようにトレースする。その際、④トラップワイヤの曲がり角が急な箇所では、接触しないように慎重に行う。接触した場合は⑧ブザーが鳴り続けるので、③ワイヤループが接触しないようにして⑨P.B.を押し、⑧ブザーの音を消して再チャレンジする。

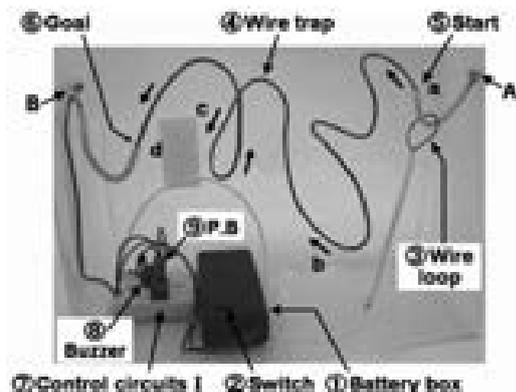


Fig.7 External appearance of touching tracer using a wire trap, wire loop, control circuit I and battery box

Table1 The number of times for the beep and the time required on touching tracer

Tracing No.	The number of times for the sound of a buzzer	The time required (s)
1. a→d		
2. d→a		
3. a→d		
4. d→a		
5. a→d		
6. d→a		

次にタッチトレーサーが完成したらその動作が正常なことを確認し、Table1に示すトレースした際のブザーの鳴る回数やその所要時間を測定しよう。はじめは、スタートからゴールまでの時間が必要となりブザーが鳴るが、回数を重ねるうちにブザーが鳴ることなく短時間にトレースできるようになるのでチャレンジしてみよう。

5. まとめ

本研究では、今までとは少し趣を変えて完成した作品を動作させることにより親しむという観点から、工作テーマに電子回路を取り入れてゲーム感覚で楽しむタッチトレーサーを試作した。さらにこれを親子ものづくり教室の工作テーマとして採用した。

その結果、以下の内容が得られた。

- (1) タッチトレーサー用の制御回路を3種類試作した。このうちサイリスタを用いた制御回路Iは、回路が単純で部品数が少ないことから、小学生高学年用として工作教室に採用できる。
- (2) 電子部品や素子およびリード線の接続は、ハンダ付けではなく小さいブレッドボードとジャンプ線を用いて行った。これにより従来からのハンダ付けが省略できたことから、小学生でも容易に工作することができる。

参考文献

- 1) 山口静夫：“ループワイヤを用いたタッチトレーサーの教材への応用”，2015年秋季第76回応用物理学会学術講演会，15a-PA1-7 (2015年9月)
- 2) 山口静夫：“電気回路基礎入門”，コロナ社 (2000年11月)
- 3) 中野寛之他：“サイリスタをつかった電子工作教材の開発”，2012年春季第59回応用物理学会関係連合講演会，16a-GP1-23 (2012年3月)

(原稿受付 2015年 12月)

曾根干潟における仮設道路建設に伴う流況変化に関する数値シミュレーション

小島 治幸, 鄒 曙光

九州共立大学総合研究所, 武漢科技大学資源環境工程学院

A numerical simulation on changes in tidal flow fields of the Sone tidal flat due to construction of a temporary elevated rubble-mound road

Haruyuki KOJIMA, Shuguang YAN

Abstract

The Sone tidal flat in Kitakyushu city has a dry flat of about 517ha during ebb tides. It is one of the nicest spots for the wild bird observation throughout the four seasons. It is also famous as the breeding ground of Horseshoe crab (*Tachypleus tridentatus*). In the middle section of the flat, the Nukigawa River flows into the flat. An about 1km long paved road starting at the river mouth to the offshore fishery port has been constructed. The city office is planning to construct a bridge to the fishery port, which allows users to go to the port during any tidal levels. The bridge construction requires construction of a temporary elevated rubble-mound road. Since the planned rubble mound is an impermeable structure, its environmental effects on tidal flow fields has been concerned. This study presents results of the numerical simulation of changes in flow fields around the planned impermeable mound. It is showed that construction of the mound would significantly alter flow fields around mound. The computed results imply that a 638m long rubble-mound with 35% opening ratio may allow equivalent water flow across the same length without the mound.

Keywords: Sone tidal flat, numerical simulation, flow fields, temporal rubble-mound road

1. 研究の目的

福岡県北九州市小倉南区にある曾根干潟（図-1）は、幅（南北）約3km、干出距離（東西）が約1.7km、最大干出面積が約517haあり、北九州市内に存在する干潟の中で最大である。沖合約3kmには平成18年3月に開港した新北九州空港の人工島が位置している。また、干潟沖側の間島の南側で曾根漁港が、干潟の南側では苅田港の整備に伴う新松山地区の埋立が建設中である。曾根干潟は、絶滅危惧種に指定されているカブトガニをはじめとして多くの希少種が生息している。干潟には、4本の小河川が流入しており、北から竹馬川、大野川、貫川、朽網川である。（図-1）。

干潟沖合に建造されている曾根漁港（図-1下図）には、貫川河口から海床路と呼ばれている干潟上に石積みのマウンドとアスファルトで作られた道路が通っている。しかし、満潮時は完全に水没するため、使用が限定的になってしまう問題を抱えていた。これを解決するために、北九州市産業経済局農林水産部水産課は、漁港まで橋脚方式の橋梁を建設することとして、平成26年度より工事が開始された。工事は、沖合では台船から橋脚を打設し、より岸に近いところでは仮設道路を設置して、そこから橋脚を打

設する方式を採用している。

この仮設道路は、図-2に示すように、貫川



図-1 対象海域と曾根干潟の位置図

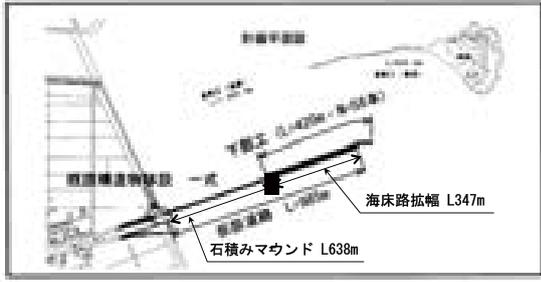


図-2 仮設道路の平面図



図-3 海床路に沿って沖に延びる仮設道路

河口のすぐ北側を起点として沖方向に総延長985mで、そのうち石積みマウンド部が638m、海床路拡幅部が347mである。石積みマウンド部は、現地盤より高さ1.8m~2.2m(満潮位+1.0m, DL+5.0m)、天端幅11mの不透過なマウンド(図-3の写真参照)である。海床路拡幅部は、海床路の天端高で採石により約10m拡幅するものである。この仮設道路は、工事期間の関係で数年間は設置されることになるので、これによる周辺流況の変化が危惧されている。

本研究は、石積みマウンドの仮設道路の設置による周辺流況の変化とその変化を和らげる対策工の効果を数値シミュレーションにより予測することを目的としている。対策工としては、不透過なマウンド内に通水管を敷設して流れを確保する方法が考えられる。

2. 数値解析法

2.1 流動モデルの基礎式

流動モデルの基礎式は、質量保存則とナビア・ストークスの運動方程式を鉛直方向に積分した長波近似式を用いている。\$x, y, z\$は従来の直交座標系の独立変数であり、\$H\$は水深、\$\eta\$は水面変位を表すとし、鉛直方向に\$\sigma\$座標系を導入すると、基礎式は次式で表せる。

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad \dots(1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UV D}{\partial y} + \frac{\partial U \omega}{\partial \sigma} + fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ + \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] + F_x \end{aligned} \quad \dots(2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UV D}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V \omega}{\partial \sigma} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ + \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma} \right] d\sigma' = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] + F_y \end{aligned} \quad \dots(3)$$

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TUD}{\partial x} + \frac{\partial TVD}{\partial y} + \frac{\partial T \omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right] + F_T - \frac{\partial R}{\partial z} \quad \dots(4)$$

$$\frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SUD}{\partial x} + \frac{\partial SVD}{\partial y} + \frac{\partial S \omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right] + F_S \quad \dots(5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^2 D}{\partial t} + \frac{\partial Uq^2 D}{\partial x} + \frac{\partial Vq^2 D}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2}{\partial \sigma} \right] \\ + \frac{2K_M}{D} \left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \sigma} - \frac{2Dq^3}{B_1 \ell} + F_q \end{aligned} \quad \dots(6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^2 \ell D}{\partial t} + \frac{\partial Uq^2 \ell D}{\partial x} + \frac{\partial Vq^2 \ell D}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2 \ell}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2 \ell}{\partial \sigma} \right] \\ + E_1 \ell \left(\frac{K_M}{D} \left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + E_3 \frac{g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial \sigma} \right) - \frac{Dq^3}{B_1} \bar{W} + F_\ell \end{aligned} \quad \dots(7)$$

ここに、\$U, V\$はそれぞれ\$x方向と\$y\$方向の流速を表し、\$\omega\$は\$\sigma\$座標系における鉛直流速を表す。\$T, S\$はそれぞれ水温と塩分濃度を表している。\$f, K_M, K_H\$は、それぞれコリオリ係数、鉛直渦動粘性係数、鉛直拡散係数である。\$\rho, \rho_0\$は海水の密度と初期密度、\$R\$は短波ラジエーションフラックス、\$q^2\$は乱流の運動エネルギー、\$\ell\$は乱流の長さスケールを表す。\$D=H+\eta\$。

\$\sigma\$座標系における鉛直流速\$\omega\$は、次式により直交座標系の鉛直流速\$W\$に変換される。

$$W = \omega + U \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right) + V \left(\sigma \frac{\partial D}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \right) + \sigma \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad \dots(8)$$

水平方向の粘性力は次式で与えられる。

$$F_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} (H \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (H \tau_{xy}) \quad \dots(9)$$

$$F_y \equiv \frac{\partial}{\partial x} (H \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (H \tau_{yy}) \quad \dots(10)$$

$$\tau_{xx} = 2A_M \frac{\partial U}{\partial x}, \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right), \quad \tau_{yy} = 2A_M \frac{\partial V}{\partial y} \quad \dots(11)$$

ここに、 A_M は水平渦動粘性係数である。また、拡散項は次式で与えられる。

$$F_\phi \equiv \frac{\partial}{\partial x}(Hq_x) + \frac{\partial}{\partial y}(Hq_y) \quad \dots(12)$$

$$q_x \equiv A_H \frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad q_y \equiv A_H \frac{\partial \phi}{\partial y} \quad \dots(13)$$

ここに、 A_H は水平拡散係数であり、 ϕ は、 \square 、 \square 、 q^2 、 $q^2 \ell$ のいずれかである。

$$A_H = C \Delta x \Delta y \frac{1}{2} \left| \nabla V + (\nabla V)^T \right| \quad \dots(14)$$

$$\left| \nabla V + (\nabla V)^T \right| = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots(15)$$

ここに、 C はHOROCON 常数を表す。

2.2 境界条件

2.2.1 鉛直方向の境界条件

- 1) 海面と海底における流速に関する運動学的境界条件

$$\omega(0) = \omega(-1) = 0 \quad \dots(16)$$

- 2) 式(2)と(3)における海面の境界条件

$$\frac{K_M}{D} \left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}, \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) = -(\langle wu(0) \rangle, \langle wv(0) \rangle), \quad \sigma \rightarrow 0 \quad \dots(17)$$

- 3) 式(2)と(3)における海底の境界条件

$$\frac{K_M}{D} \left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}, \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) = C_z [U^2 + V^2]^{1/2} (U, V), \quad \sigma \rightarrow -1 \quad \dots(18)$$

$$C_z = \text{MAX} \left[\frac{\kappa^2}{\left[\ln \left\{ (1 + \sigma_{kb-1}) H / z_o \right\} \right]^2}, 0.0025 \right] \quad \dots(19)$$

ここに、 C_z は海底における抵抗係数、 κ は von Karman 定数、 z_o は底面粗度である。

- 4) 式(4)と(5)における海面と海底の境界条件

$$\frac{K_H}{D} \left(\frac{\partial T}{\partial \sigma}, \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right) = -(\langle w\theta(0) \rangle), \quad \sigma \rightarrow 0 \quad \dots(20)$$

$$\frac{K_H}{D} \left(\frac{\partial T}{\partial \sigma}, \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right) = 0, \quad \sigma \rightarrow -1 \quad \dots(21)$$

$$(q^2(0), q^2 \ell(0)) = (B_1^{2/3} u_\tau^2(0), 0) \quad \dots(22)$$

$$(q^2(-1), q^2 \ell(-1)) = (B_1^{2/3} u_\tau^2(-1), 0) \quad \dots(23)$$

2.2.2 石積みマウンド部の境界条件

石積みの不透過マウンドを線境界として数値計算の境界条件に取り入れた。すなわち、線境界上の格子点ごとに鉛直方向に平均された y 方向水平流速を零とした。また、対策工として通水管を通す場合は、格子点において通水管を敷設しないところでは y 方向水平流速を零とし、通水管を敷設するところではこの条件を入れない形で境界条件とした。

2.3 数値計算の概要

2.3.1 計算対象範囲

計算対象範囲は、**図-4**に示すように曾根干潟を中心として、南北 59.5km、東西 30.2km の領域とした。この領域における水深データは、海上保安庁水路部の海底地形図デジタルデータ (M7014 対馬海峡と M5012 周防灘荊田沖) を基本として、曾根干潟部は平成 23 年度の測量データ (北九州市環境局) を用いている。陸上部の標高データは、国土地理院の数値地図 50m メッシュを用いている。**図-4**には、これらのデータを用いて作成された等深線図 (大領域図と呼ぶ)

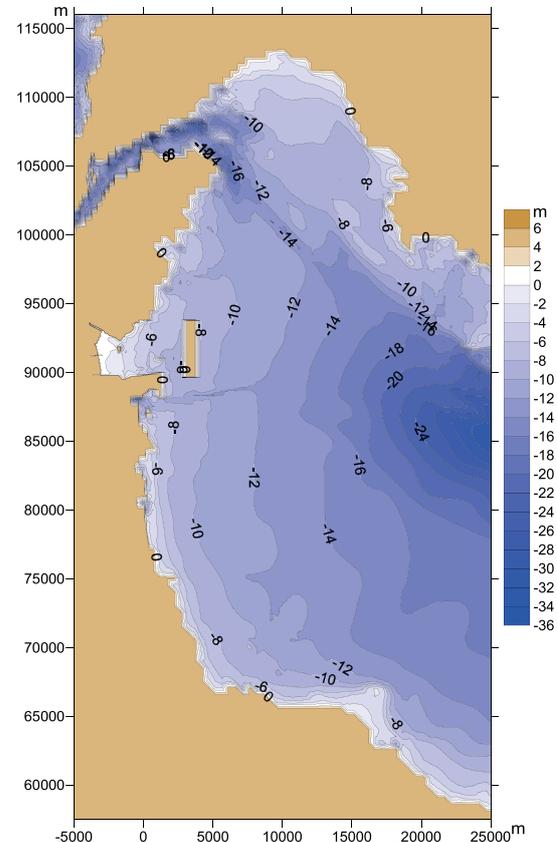


図-4 計算領域図 (大領域図)

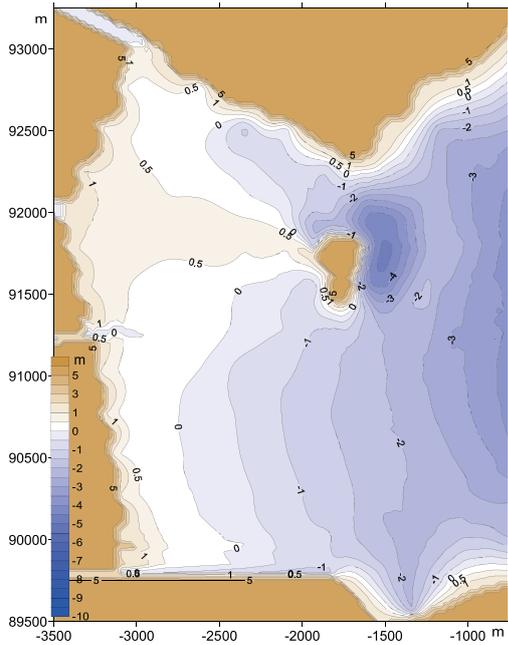


図-5 曾根干潟と空港島周辺海域の等深線図
(中領域図)

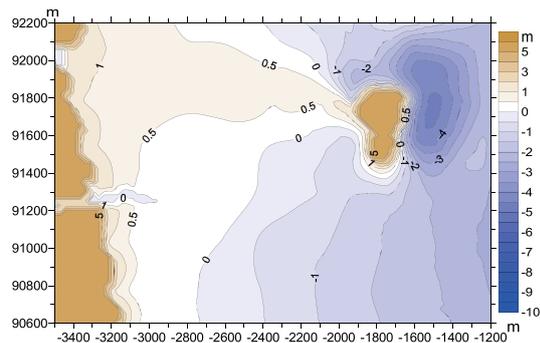


図-6 朽網川とその周辺干潟の等深線図
(小領域図)

を示している。また、図-5は曾根干潟と空港島周辺海域の等深線図(中領域図と呼ぶ)を、図-6は仮設道路とその周辺干潟の等深線図(小領域図と呼ぶ)を表している。

2.3.2 数値モデルにおける計算の流れ

計算モデルは、基礎式を差分法を用いて、潮流や水温、塩分濃度を計算する流動モデルは、海洋の流れ現象を精度良く計算できると言われているPOM(Princeton Ocean Model)¹⁾を用いている。格子サイズは可変格子を用い、大きい順に500m、100m、25mとした(図-7参照)。

計算領域の東側と西側の境界線に最も近い宇部港および中津港と大山の鼻におけるすべての調和係数による推算潮位を用いた。また、河川から流入する流量も考慮した。

数値計算は、モデル検証と予測計算の2つか

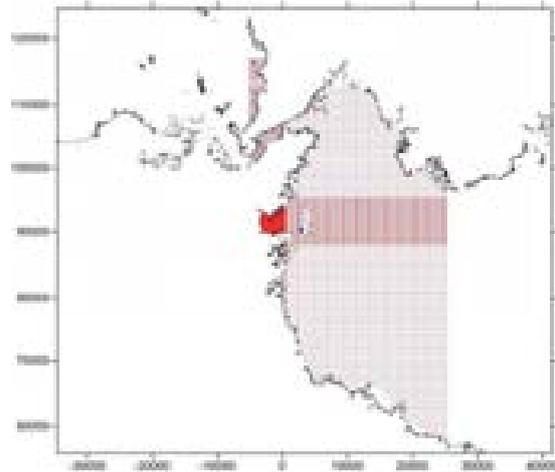


図-7 計算格子のイメージ図

らなり、モデル検証は計算結果を既存資料と比較して計算モデルの妥当性を検証した。予測計算における仮設道路の形状は、敷設する通水管の数を変えて5ケース検討した。

3. 数値計算モデルの検証

3.1 検証計算の条件

数値モデルの妥当性を確認するために、潮位に関しては計算による時間波形と推算によるそれとを、潮流に関しては計算による時間波形と実測によるそれとを比較した。潮位は、下関市の長府における推算潮位を用いた。潮流は、国土交通省九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所(平成21年度新門司沖土砂処分場流況外1件調査報告書、平成21年11月)²⁾によって平成21(2009)年の8月22日から9月7日までの間に観測された実測データを用いて、実測値と計算値の比較を行った。各観測点の上層(海面下2.0m)、中層(1/2水深)、下層(海底上1.5m)の流速の時間波形データを比較した。検証に用いた潮流データは、本計算の目的から海床路に最も近く、空港島の西側に位置する観測点で計測されたものを用いた。検証は、計算方法の違いや各種計算パラメータを変えて、以下の5条件に対する検証計算を行った。

- 1) 水温と塩分に関して、それらを一定とした「計算モード4」とそれらを可変とした「計算モード3」を用いた。
- 2) 式(10)における初期水平渦動粘性係数を $A_M=500\text{m}^2/\text{s}$ 、 $5\text{m}^2/\text{s}$ と変えた。
- 3) 式(13)における Horcon 常数を $C=0.5$ 、 0.1 と変えた。
- 4) 底面の抵抗係数 C_z の最大値を $C_{z\text{max}}=1.0$ 、

0.01 と変え、その最小値を $C_{zmin}=0.0025$,
0.0016 と変えた。

- 5) 計算領域の東側の境界条件として宇部港のみの潮位変化を与えた場合と宇部港と中津港の潮位変化を与えた場合の計算を行った。

3.2 検証計算の結果³⁾

3.2.1 潮位

図-8 と図-9 は、それぞれ検証計算条件の 1) と 2) による長府における大潮と小潮の計算結果と推算値を表している。図の上から順に、長府の大潮と小潮の潮位波形を示している。全般的に大潮における下げ潮時に若干の違いが見られるが、計算値と推算値は良好である。紙面の関係で他条件の結果は示せないが計算条件による結果の違いはほとんど見られなかった。

3.2.2 潮流

潮流に対する計算条件 1) と 4) における結果を、図-10 と図-11 にそれぞれ示している。各図は、上層における実測値と計算値で、上から東方分速、北方分速、およびそれらをベクトルの足し合わせた流速を表している。紙面の関

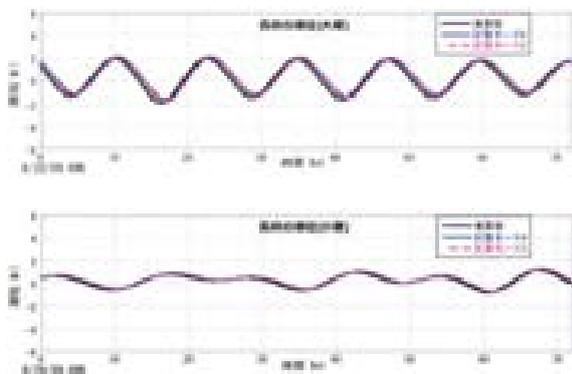


図-8 計算モードの違い(3 と 4)による潮位の推算値と計算値 (長府における大潮時)

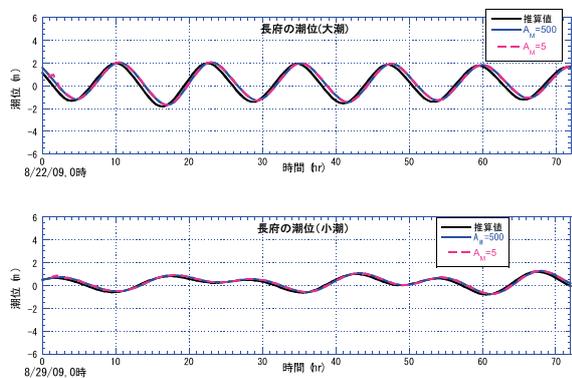


図-9 渦動粘性係数の違いによる潮位の推算値と計算値 (長府における大潮時)

係で、中層と下層の結果は示していない。

実測値と計算値を比べると、実測値の時間波形は、上下に激しく振れてノイズがのった形になっている。これは、潮流以外の風波や風、恒流などの流速を拾ってしまうためであると考えられる。全般的に、計算値と実測値の一致は良好であり、特に東方分速に関しては、最小値(西向きの流れ)のところで計算値と実測値のずれが生じているが、最大値(東向きの流れ)のとき

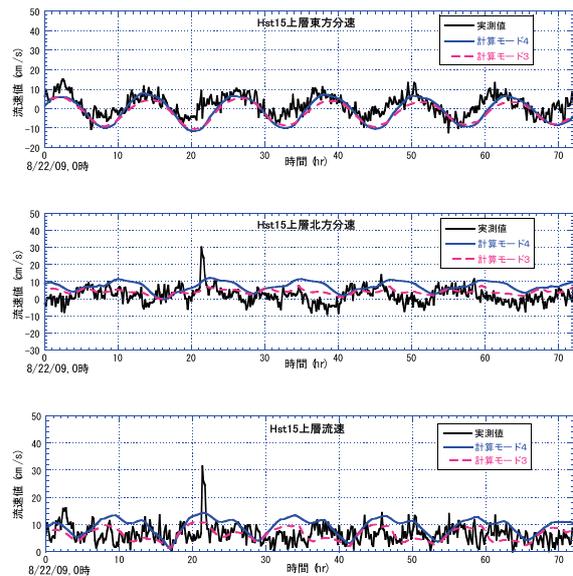


図-10 計算モードの違い(3 と 4)による実測値と計算値の比較 (大潮時; 上層, 上図; 東方分速, 中図; 北方分速, 下図; 流速)

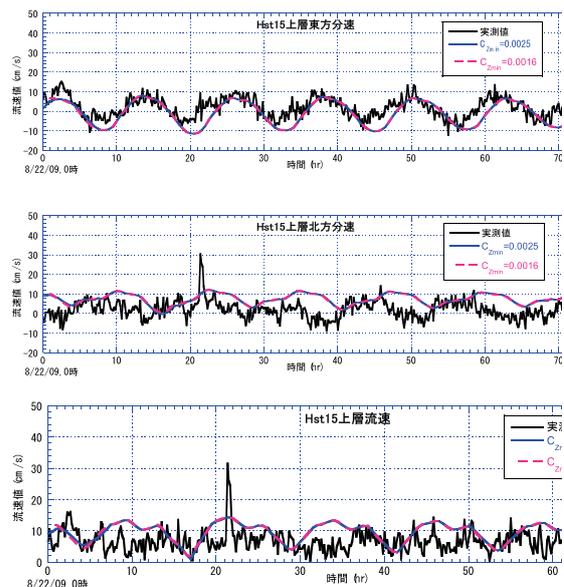


図-11 抵抗係数の違いによる実測値と計算値の比較 (大潮時; 上層, 上図; 東方分速, 中図; 北方分速, 下図; 流速)

ろでは計算値が実測値の平均的な値となっている。北方分速では、マイナス方向(南向きの流れ)が計算では再現できていない。計算条件1)の計算モードを変えた場合(図-10)、大潮の計算結果に顕著な違いが現れ、水温と塩分を可変とする計算モード3の方が、北方分速と流速の値が計算モード4よりも小さくなり、実測値に近い。図-11に示すように抵抗係数の違いや他の条件では、潮位の結果と同様にほとんど計算結果に違いが現れなかった。

4. 仮設道路設置による流況予測計算

4.1 計算条件と計算ケース

(1) 計算シナリオ

予測計算に用いる計算方法や計算パラメータの条件は、表-1に示すものとした。数値モデルにより石積みマウンドの仮設道路による周辺流況への影響を明らかにするために、以下のようなシナリオで数値計算を行った。

河川流量は、仮設道路による影響が大きくなることが予想される出水時を対象として、河川

表-1 予測計算に用いられる計算パラメータ

格子サイズ			
東西方向 234	南北方向 308	水深方向 6層	
計算モード3:塩分濃度、水温を可変とした3次元計算			
水深のし切り値	外部モード計算ステップ	内部モード計算ステップ	
0.1m	0.1s	1.0s	
底面粗度: 0.01m	HORCON 常数:0.5	KARMAN 定数:0.4	
底面摩擦係数 最大値	底面摩擦係数最小値	乱流プラントル数の逆数	
1.0	0.0025	0.2	
初期水平渦動 粘性係数	500m ² /s	初期の水温と塩分濃度	
開境界条件		水温 (°C)	塩分濃度 (psu)
東側:宇部と中津の推算潮位	西側:大山の鼻の推算潮位	20	35
河川条件	出水	通常	
朽網川流量	79.33m ³ /s	0.23m ³ /s	
貫川流量	90.29m ³ /s	0.22 m ³ /s	
竹馬川流量	273.88m ³ /s	1.58 m ³ /s	

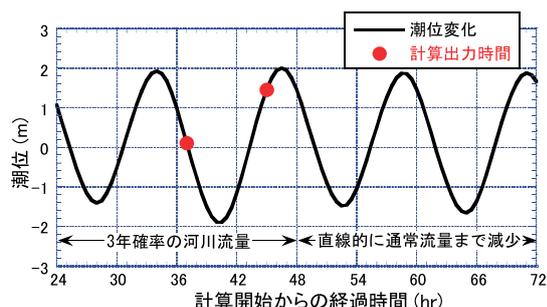


図-12 計算出力時の潮位と河川流量の条件

から3年確率流量(表-1)が3河川(大野川は計算格子に取り込むことが難しいので除外した)から24時間流出し、その後24時間かけて通常流量に戻る条件とした(図-12)。また、潮汐として大潮時を対象に3日間の計算を行った。ただし、最初の24時間は慣らし計算として潮位を徐々に通常の潮位に変えていった。仮設道路の有無やその開口率の違いによる流況の変化を数値予測した。

(2) 計算ケース

仮設道路の石積みマウンド部における開口率を変えて、以下の5ケースで計算を行った。
CASE1: 現況(仮設道路なし、開口率100%)。
CASE2: 不透過な仮設道路(開口率0%)。
CASE3: 開口率50%の仮設道路。
CASE4: 開口率35%の仮設道路。
CASE5: 開口率23%の仮設道路。

4.2 流況予測計算結果

流況は、3河川において3年確率の流量を与えたときの下げ潮時(37時間)と上げ潮時(45時間)における流速ベクトルとして表した。現況(CASE1:仮設道路無し)における下げ潮時の中領域と小領域の流速ベクトルを図-13と図-14に、上げ潮時のそれらを図-15と図-16に示している。なお、漁港や港湾の防波堤等の構造物に関しては、数値計算には考慮していない。

CASE1における下げ潮時の曾根干潟全域の流れを見ると、間島から延びる砂しの陸側で、それよりも北側のところでは北向きの流れが生じており、南側では逆に南向きの流れが生じている。このように流れが南北に分かれるところは、地盤高が最も高くなっており、それよりも北側も南側も地盤が低くなっているため、南北に分かれる流れが生じると考えられる。海床路付近では、その北側の河口付近で貫川からの強い流れが生じており、また海床路上を南東方向に横切る流れが生じている。

上げ潮時(図-15と図-16)では、間島の沖合を北東方向からの流れが存在し、漁港を回り込みながら海床路上を北西に向かって流れている。一方、朽網川導流堤先端から北向きの強い流れが徐々に北西方向に向きを変えて、先ほどの流れと合流する形で海床路上を北西方向に流れている。貫川河口周辺では、下げ潮時と同様に、海床路の北側に東向き(沖向き)の強い流れが存在する。

不透過な石積みマウンドによる仮設道路を設置したCASE2における下げ潮時の結果を図-17（中領域）と図-18（小領域）に、上げ潮時の結果を図-19（中領域）と図-20（小領域）に示している。小領域の図-18と図-20には、CASE2の流速絶対値からCASE1のそれを差っ引いた値（差流速）を色別で示している。不透過なマウンドを設置すると、その周辺で流況の変化が最も強く表れる。すなわち、CASE1と比較すると、下げ潮時も上げ潮時も同様に、マウンドを横切る流れがなくなっており、それに沿う流れの存在が顕著に見られる。

また、流れが強くなっているところは、図-18と図-20を見ると分かるように、下げ潮時と上

げ潮時とも石積みマウンドの先端付近（赤色の部分）である。特に、上げ潮時でそれが顕著に見られ、最大で約40cm/sの増大が予測される。逆に、流れが弱くなっているところは、広く分布しているが、貫川河口周辺における石積みマウンドの北側で最も流速が減少しており、次にマウンドのすぐ南側で弱くなっている。流れが弱くなる程度は、下げ潮時の方が値的にも範囲的にも大きくなっている。

図-21と図-22は、2日間の時間流速値を時間平均した残差流を表している。干潟全体では、河口付近で河川流の影響が顕著に表れているが、CASE1、CASE2とも南から北に流れる数10cmの残差流が生じている。CASE1では、海床路付

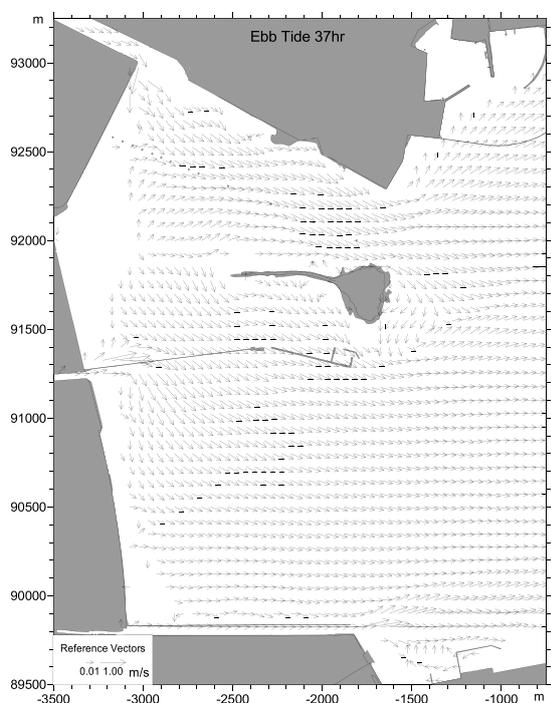


図-13 CASE1の中領域における流速ベクトル図（下げ潮時）



図-15 CASE1の中領域における流速ベクトル図（上げ潮時）

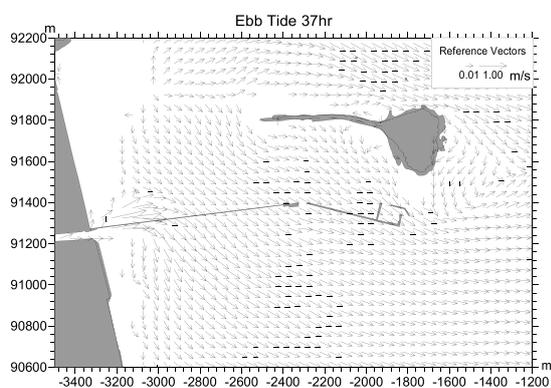


図-14 CASE1の小領域における流速ベクトル図（下げ潮時）

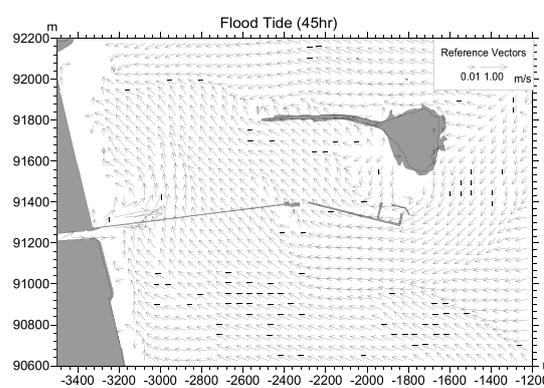


図-16 CASE1の小領域における流速ベクトル図（上げ潮時）

近ではっきりした南北方向の残差流が存在する。一方、仮設道路が設置された CASE2 では、それに沿う残差流が見られるが、それを横切る流れは存在しない。石積みマウンド先端から海床路の拡幅部分においては、CASE1 とそれほどの違いはなく、北東方向の残差流が見られる。

4.3 対策工の効果

不透過な石積みマウンドの仮設道路で南北方向の流れを遮断すること、およびマウンドの先端部から海床路拡幅部においては流速が増加することから、これらの流況の変化を極力抑えるために、マウンドに通水管を設置する対策工が考えられる。このとき、通水管の設置により出来る空洞部分の開口率が流況にどのような影響をもたらすか数値計算を行った。

図-23 に石積みマウンド部（延長 638m）における南北方向の単位水深当たりの流量としてその結果を示し、図-24 に海床路拡幅部（延長 347m）の結果を示している。それらの図には、海床路拡幅部のほぼ中間点における海水位変化も図示している。石積みマウンド部（図-23）においては、海水位が 0.1m 程度で干潟が干上がった状態となるが、河川水の影響で流量はゼロにはならない。開口率が 23% 以外は、流量の時間変化はほぼ同じような傾向となっており、開口率が大きくなるとマウンドがない（開口率 100%）値に近づいていく。ピーク値においてマウンドがないケースと比べ開口率が 50% で約 84%、35% で約 71% の流量を流すことが可能であると予想される。

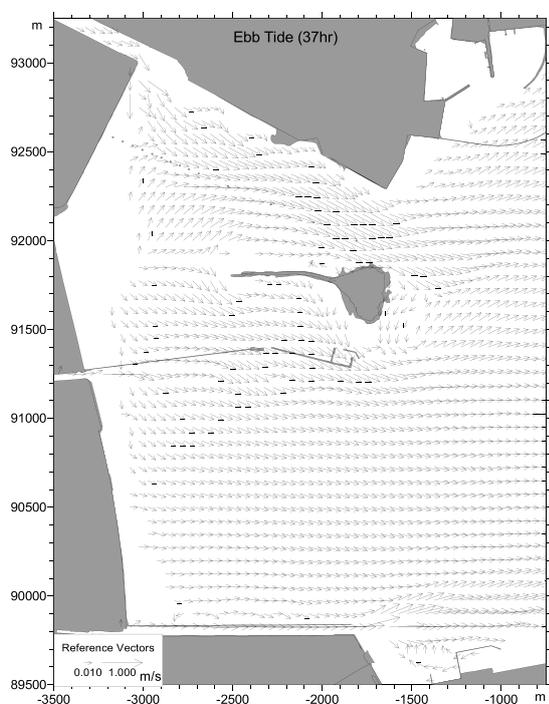


図-17 CASE2 の中領域における流速ベクトル図（下げ潮時）



図-19 CASE2 の中領域における流速ベクトル図（上げ潮時）

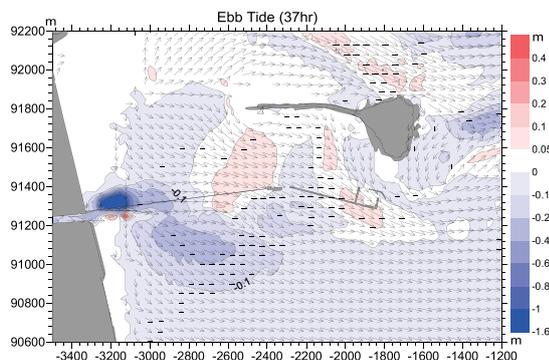


図-18 CASE2 の小領域における流速ベクトル図と差流速図（下げ潮時）

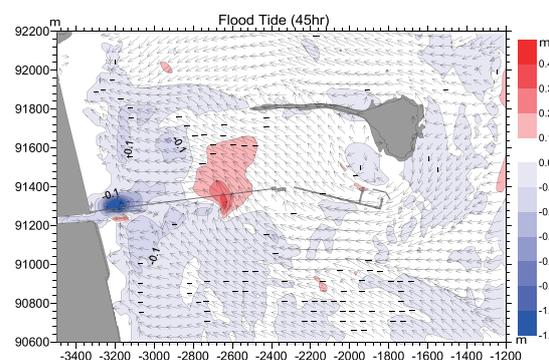


図-20 CASE2 の小領域における流速ベクトル図と差流速図（上げ潮時）

図-24 の海床路拡幅部においては、河川流の影響がここまで及ばないため干潟が干上がったときに流量はほぼゼロとなる。不透過な石積みマウンド（開口率0%）では、この部分で流速が早くなるため、他のケースよりも流量が最も大きな値になる。開口率が大きくなるにつれ、流量は小さくなり、マウンドの仮設道路がない状態（開口率100%）へと近づいていく。

5. まとめ

海域の流れの現象を精度良く再現すると言われている POM を流動モデルとして、既存の海床路に沿って建造された不透過な石積みマウンドの仮設道路による流況への影響を予測した。これより、以下のことが明らかとなった。

- 1) 数値モデルによる潮流の再現性は、全般的に、小潮より大潮の結果の方が良好である。特に東方分速に関しては、西向きの流れで計算値

と実測値のずれが生じているが、東向きの流れでは両者の一致は良好である。北方分速では、南向きの流れが計算では再現できていない。これら実測値と計算値の違いの要因は、実測値には潮流以外の風波や風、恒流などの影響が入っているためであると考えられる。計算条件の違いに関しては、条件1) 以外は、ほとんど計算結果に違いが現れなかった。

- 2) 不透過な石積みマウンドによる仮設道路を設置すると、その周辺で流況の変化が最も強く表れる。すなわち、CASE1 と比較すると、下げ潮時も上げ潮時も同様に、マウンドを横切る流れがなくなっており、それに沿う流れの存在が顕著に見られる。
- 3) 流れが強くなっているところは、下げ潮時と上げ潮時とも石積みマウンドの先端付近である。特に、上げ潮時でそれが顕著に見られ、最大で約 40cm/s の増大が予測される。逆に、

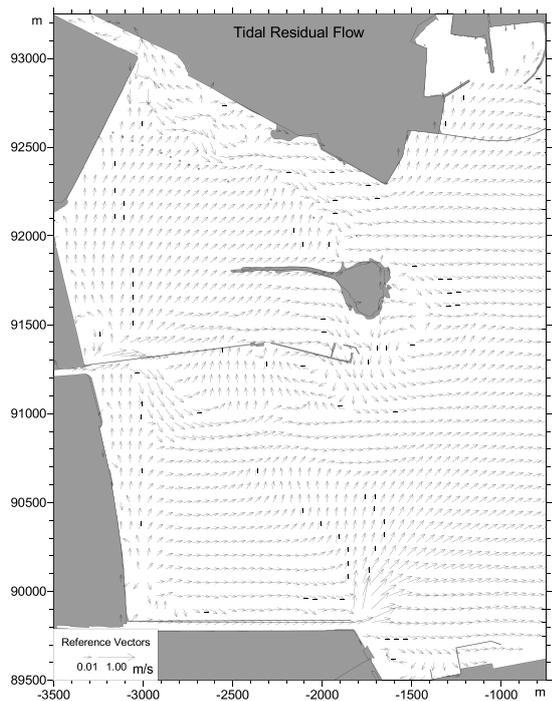


図-21 CASE1 の中領域（上図）と小領域（下図）における残差流



図-22 CASE2 の中領域（上図）と小領域（下図）における残差流

流れが弱くなっているところは、広く分布しているが、貫川河口周辺における石積みマウンドの北側で最も流速が減少しており、次にマウンドのすぐ南側で弱くなっている。

- 4) 不透過マウンドに通水管を設置する対策工により出来る空洞部分の開口率が大きくなると、そこを通過する流量は、マウンドがない（開口率 100%）場合の流量値に近づいていく。流量のピーク値においては、開口率が 50%で約 84%、35%で約 71%のマウンドがないときの流量を流すことが可能であると予測される。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、北九州市環境局と（株）三洋コンサルタントより貴重なデータ

の提供を得た。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Mellor, George L. (2004) : POM(Princeton Ocean Model) USERS GUIDE for A THREE-DIMENSIONAL, PRIMITIVE EQUATION, NUMERICAL OCEAN MODEL, 56p.
- 2) 国土交通省九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所 (2010) : 平成 21 年度新門司沖土砂処分場流況外 1 件調査報告書。
- 3) 小島治幸, 鄒曙光 (2015) : 朽網川導流堤の改変に伴う曾根干潟の地形変化の数値計算, 九州共立大学総合研究所紀要, 第 8 号, pp. 59-68.

(原稿受付 2015 年 12 月)

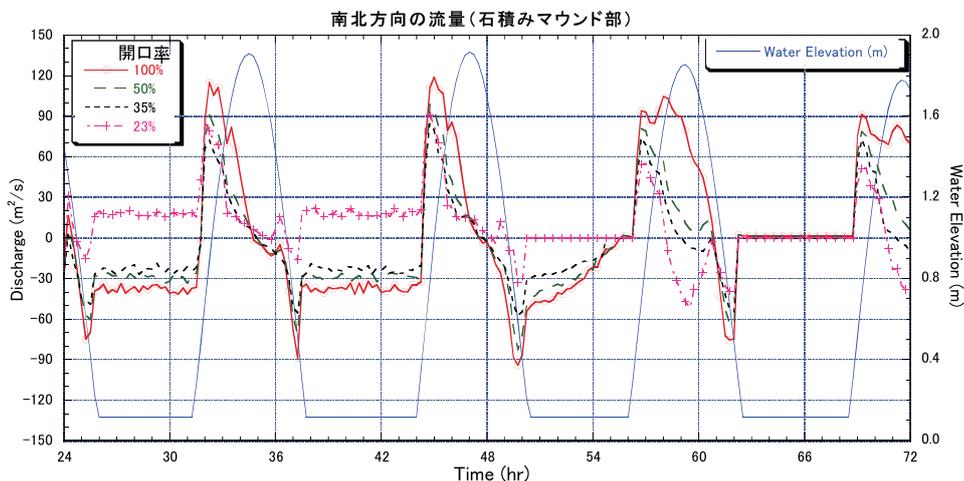


図-23 石積みマウンド部における南北方向の流量

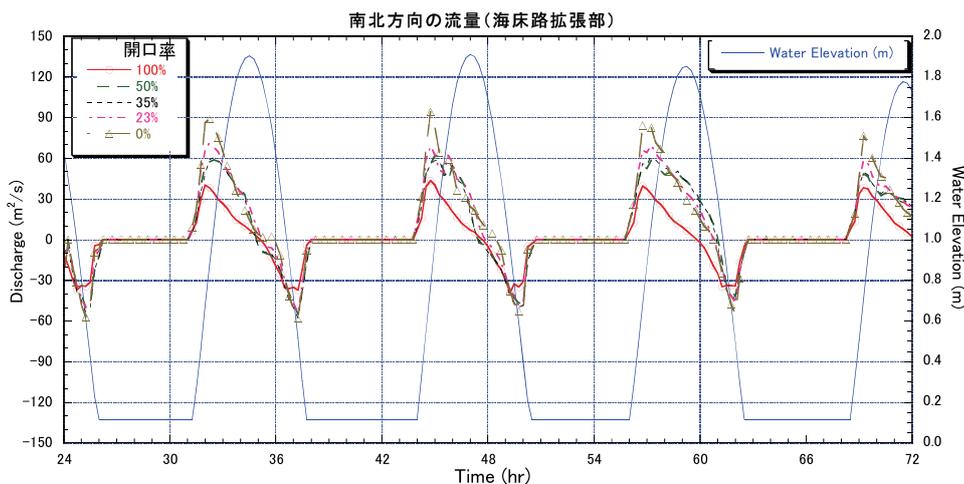


図-24 海床路拡張部における南北方向の流量

多孔板を用いた管路の圧力脈動低減に関する数値シミュレーション

祝 振傑¹, 鄢 曙光¹, 小島 治幸², 馮 乾鴻³, 魏 利明³, 楊 勇³, 田 維漢³
1 武漢科技大学資源環境工程学院, 2 九州共立大学総合研究所, 3 武漢鋼鉄股份有限公司

Numerical Simulation on Pressure Pulsation Reduction of Pipeline Using Perforated Plate

Zhenjie ZHU, Shuguang YAN, Haruyuki KOJIMA, Qianhong FENG, Liming WEI, Yong YANG, Weihai
TIAN

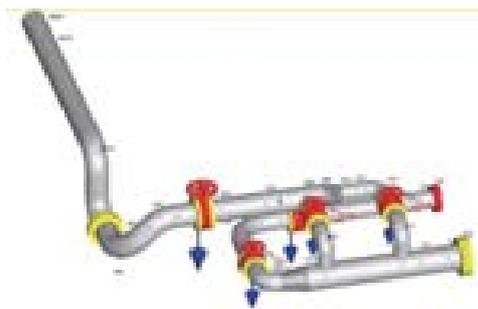
Abstract

This study performs a three-dimensional numerical simulation of terrible gas pulsation in gas pipe by using numerical simulation software FLUENT. Through the simulation, two solutions are raised: change part of the pipe to larger diameter and then add a perforated plate behind. Comparing the numerical simulation of the solution with the original gas pipe shows that adding a perforated plate is more useful in reducing gas pulsation.

Keywords: numerical simulation, gas pulsation, perforated plate, FLUENT

1. はじめに

製鉄所では、高炉、コークス炉および転炉から発生する副生ガスを工場内にある加熱炉の燃料として再利用し、また電力の一部を賄うために発電するなど、製鉄プロセスで発生する副生エネルギーの有効活用を積極的に推進している。コンバインドサイクル発電プラント (CCPP) は、比較的発熱量の低い製鉄所の副生ガスと都市ガスを同時に燃焼できるコンバインドサイクル発電方式を採用しているため、発電効率は従来の発電機より約3割向上する。これにより省エネルギーを実現するとともに、世界規模での地球温暖化防止対策が求められるなかで、二酸化炭素の排出を低減することができる。ある製鉄所は、生産工程で発生する高炉ガス・コークス炉ガスをエネルギーとして有効活用し、クリーンな電力を生み出すため、CCPPが建設された。運転後暫くから図一



図一 異常振動が発生する場所

1に示すガス供給パイプに異常振動（振動振幅が1000 μm 限界値を超えた）が発生した。

生産現場において、異常振動により配管溶接部に亀裂が生じたり、フランジ部や弁類からガス、液が漏れたりあるいは、配管に設置している圧力計などの計器が破損し、プラントの運転に悪影響を及ぼすことも少なくない。統計によると、全世界における配管の異常振動による経済的な被害額が毎年数百億ドルに上る。^{1),2)}

往復圧縮機や回転式圧縮機のような容積圧縮機ではその吸込み吐出し流量変動が間欠的であるため、圧力脈動が生じる。通常、圧力脈動のみでは加振力が小さいため配管振動の原因となることは少ない。しかし、加振源となる圧縮機の回転周波数（以下、加振周波数）が配管内のガスや液体の共鳴周波数と一致すると、気柱共鳴を起こし、圧力脈動振幅が増幅される。その場合、機械振動を生じさせ、圧縮機に対して性能低下、動力損失をもたらすこともある。一方、配管内の圧力脈動が加振力となって、疲労破壊を引き起こすのに十分大きな配管振動を引き起こす原因となる。構造系の固有振動数が圧縮機の加振周波数や共鳴周波数と一致すると、共振現象を起こし、配管の振動振幅がさらに増大する。また、配管内に圧力脈動が生じると、配管に加振力として作用する。圧力脈動により加振される配管部はバンド、分岐、管径変化部、開

端，閉端部である．常に変動力を受けるため，圧力脈動の周波数が構造系の固有振動数と一致すると，大きな配管振動が生じる．

以上のように，配管振動が起こるメカニズムは流体系の振動と構造系の振動が複雑に絡んでいることがわかる．したがって，過大な配管振動が起こった場合に有効な対策案を検討するためには，その原因となる，加振周波数と共鳴周波数との気柱共鳴，加振周波数や共鳴周波数と構造系の固有振動数との機械的共振などを適切に評価できる数値シミュレーションが有効な手段であると考えられる．また，配管振動は，配管内のガスの圧力脈動が加振力となって生じる．流体系と構造系が複雑に絡んで生じるため，発生メカニズムを理解せずに対策案を講じると，逆効果の場合がある．したがって，本研究では，有限体積法を用いた流体解析ソフトウェアである ANSYS FLUENT を用いて異常振動の解析を行い対策案の効果を確認する．

2. 数値解析法

2.1 流動モデルの基礎式

ANSYS FLUENT は，流体，乱流，熱伝達，反応のモデリングに必要な各種の物理モデリング機能を備えている，航空機の翼に流れる気流のほか，炉内燃焼，気泡塔，石油プラットフォーム，血流，半導体製造，クリーンルーム設計，廃水処理プラントなどの様々な工業用途に対応している．特別なモデルを利用することで，シリンダー内の燃焼，空力音響，ターボ機械，混相システムを特殊なモデルでモデリングできる機能も追加され，用途が広がっている．

高度なソルバー技術を採用した ANSYS FLUENT は，高速かつ高精度な CFD 解析機能，柔軟性に優れた移動，変形メッシュ機能，卓越した並列拡張機能を備えている．また，ANSYS FLUENT は，ユーザー定義関数を利用して，新しいユーザーモデルを実装できるだけでなく，既存のモデルを広範囲にカスタマイズすることも可能である．対話型のソルバー設定，解析，ポスト処理の各機能を搭載した ANSYS FLUENT では，計算を中断して，統合されたポスト処理ツールで結果を調査してから，設定を変更して計算を再開するといった作業を1つのアプリケーションで簡単に行うことができる．ケースファイルやデータファイルを ANSYS CFD-Post に読み込んで，高度なポスト処理ツ

ルで他の解析を行ったり，様々なケースを横に並べて比較したりすることも可能である．

本研究は，取り扱う流体が高速ガスであるため，圧縮流体とし，鉛直方向の重力が無視することにした．また，ANSYS FLUENT において乱流を取り扱う数学モデルとして，RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes)，LES (Large Eddy Simulation)，DNS (Direct Numerical Simulation) の3つに大きく分類される．中でもRANS の乱流モデルとして，最も広く有効性が確認された $k-\varepsilon$ モデルを使用して解析を行う．解析の基礎式を(1)～(15)に示す．

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vu)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wu)}{\partial z} \\ &= -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left(2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} \\ &= -\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left(2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} \\ &= -\frac{\partial p}{\partial z} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left(2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uk)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vk)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wk)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_k \frac{\partial k}{\partial x} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_k \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_k \frac{\partial k}{\partial z} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_m \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u \varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v \varepsilon)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w \varepsilon)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \\ & \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_3 G_b) - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

$$\mu_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \quad (8)$$

$$\mu_\varepsilon = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \quad (9)$$

$$G_k = \mu_t \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right\} \quad (10)$$

$$G_b = \beta g \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial z} \quad (11)$$

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} \quad (12)$$

$$Y_M = 2 \rho \varepsilon M_i^2 \quad (13)$$

$$M_i = \sqrt{k/a^2} \quad (14)$$

$$a = \sqrt{\gamma RT} \quad (15)$$

ここで、 u , v , w はそれぞれ x 方向、 y 方向と z 方向の速度成分を表し、 ρ は密度、 p は圧力、 μ , μ_t はそれぞれ分子動粘性係数と渦動粘性係数を表す。 k , ε はそれぞれ乱流エネルギーと乱流エネルギー散逸、 T は温度、 g は重力加速度、 Pr_t は乱流プラントル数、 M_i は乱流マッハ数、 a は音速、 R は気体定数を表す。また、式の中に含まれる定数は経験定数であり、通常 $C_\mu=0.09$, $\sigma_k=1.00$, $\sigma_\varepsilon=1.30$, $C_1=1.44$, $C_2=1.92$, $C_3=0.0$ が用いられる。

2.2 解析モデル及び解析方法

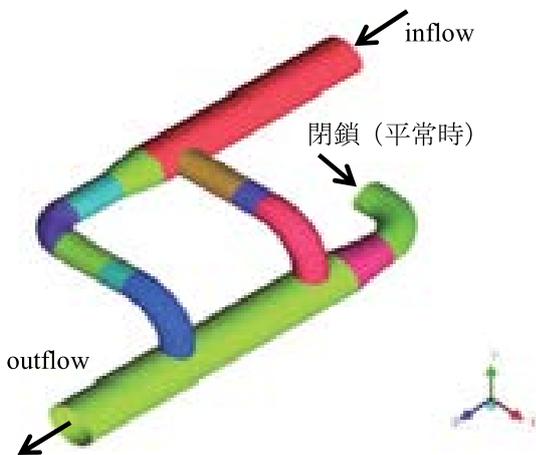


図-2 解析モデル

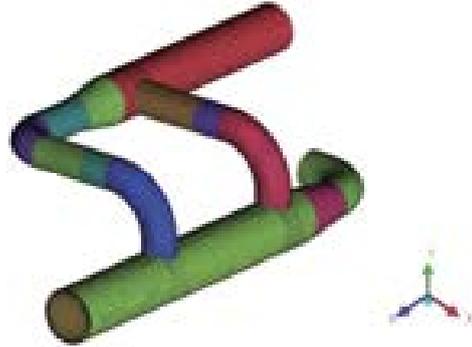


図-3 計算格子のイメージ図

振動振幅が安全値を超えたバンド部を解析対象として、計算に用いた管路3Dモデルを図-2に示す。温度 528k のガスが、右上にある入口より流入し、二本分岐管を通して、左下の出口より流出する。右下の入口は起動時に空気吸引用の管路であり、平常時に閉鎖している。入口と出口の管径は 0.46m で、分岐管の管径は 0.30m で、すべての管の厚さが 12.7mm である。管路は対称性がないため、すべての管路を計算領域とする。

解析に使用した計算格子は ANSYS ICEM CFD を用いて作成した構造格子で、図-3 に示す。生成したメッシュ数は約 73.4 万であった。本計算には汎用流体解析ソフト ANSYS FLUENT を用い、定常計算により平均流れ場を求めた。

支配方程式の数値解法アルゴリズムとして SIMPLE 法を採用した。圧力緩和係数は 0.3、運動量の緩和係数は 0.7、乱流エネルギー緩和係数は 0.8 とし、乱流消散速度の緩和係数は 0.8 とし、収束判断は質量、運動量、 k , ε の残差がともに 10^{-6} 以下になるようにした。

計算条件は 2013 年 9 月 5 日午後 3 時頃に現場で計測したデータを用いた。入口の圧力と温度はそれぞれ $p=1985970\text{Pa}$, $T=528\text{k}$, 出口の圧力は $p=1423616\text{Pa}$ である。

3. 計算結果

3.1 振動解析

図-4 は管路におけるガスの流速ベクトルを表している。図から見ると、上流側は良く安定して、渦の発生は見られず、下流側では流れが管径と流れ方向の変化により乱れになって、渦が発生していることが確認できる。発生した渦により流れ場が複雑になり、同じ断面でも速度の違いができて、バンド近傍には内側と外側

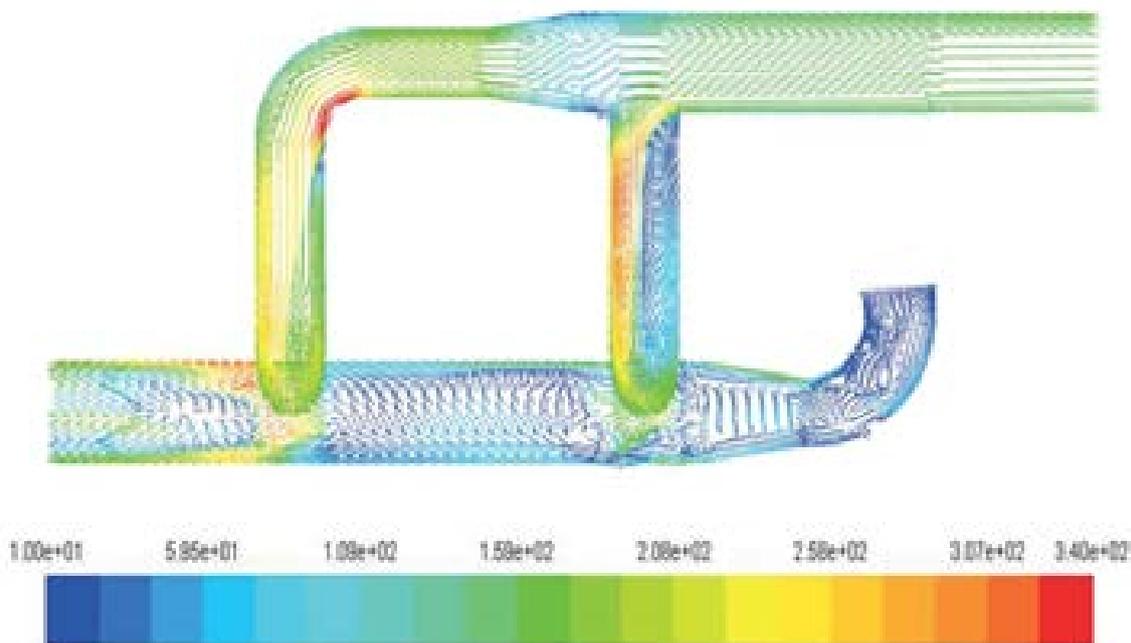


図-4 管路流速ベクトル図 (単位: m/s)

における速度の差が大きくみられる。特に、主流がベンド部に衝突し、速度が小さくなると、衝突していない流れの速度が大きくなり、最大速度が 340m/s に達する。これらの速度の違いによって、渦が形成し、圧力の脈動が発生する原因になる。

3.2 対策案の検討計算

配管の設置場所を固定しているため、ベンド部の変更ができない。このような状況を踏まえて、関連の文献³⁾を調べ、2つの対策案を考えた。一つは図-5に示すように分岐管のベンド部の管径が 0.30m から 0.38m まで大きくした対

策案である。もう一つは図-6に示すように分岐管の変径部に多孔板を設置する対策案であり、多孔板の厚さは 15cm、透過率は 50%にした。これらの対策案に対して管路における流れ場のシミュレーション結果により、振動低減効果の比較を行った。

図-7と図-8は、それぞれ左から等径管路、変径管路と多孔板を設置した管路計算結果の流速分布コンター図と圧力分布コンター図を表している。速度分布において変径管路と等径管路を比べると、管径を大きくしたため、変径場所の上流側は速度が大きくなっているが、ベンド



図-5 管径変更イメージ図

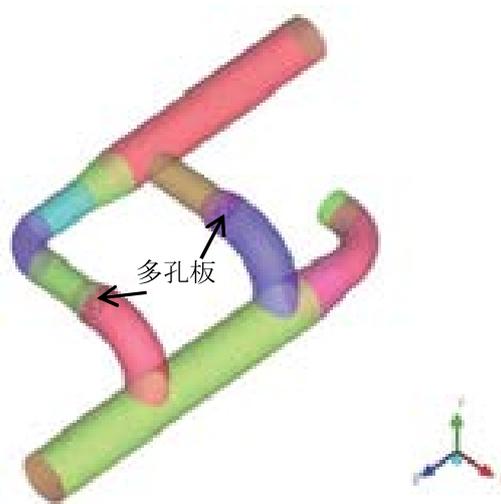


図-6 多孔板の設置イメージ図

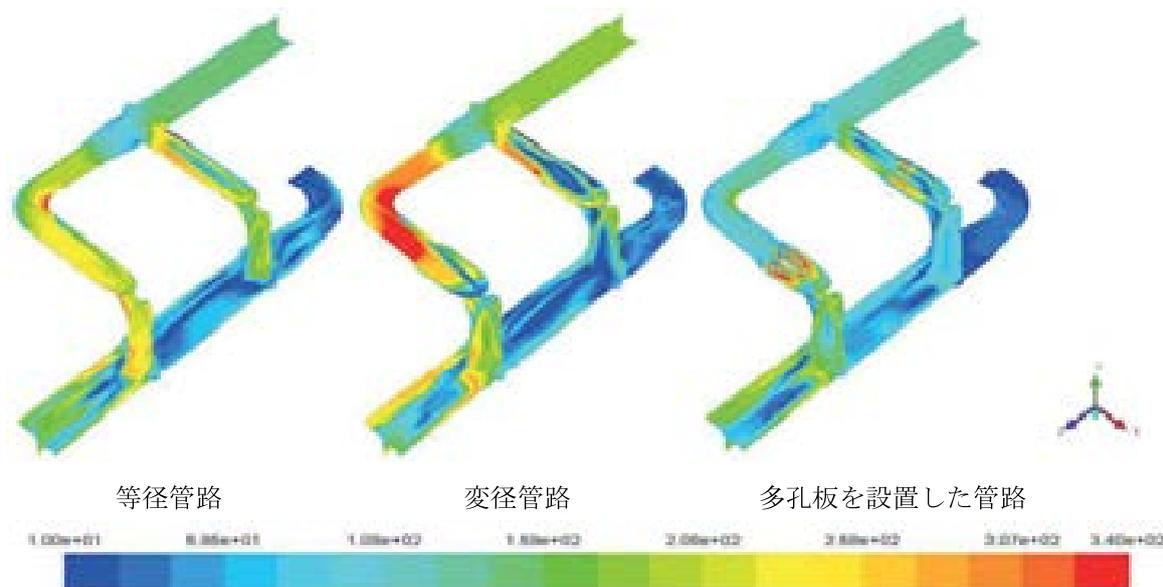


図-7 管路流速分布コンター図 (単位 : m/s)



図-8 管路圧力分布コンター図 (単位 : atm)

部の速度が小さくなり、分布パターンが良くなったことが分かる。圧力分布においても、変径管路の上流側の圧力が小さくなり、ベンド部の圧力がだいぶ均一化した分布になっていることから、一定の低減効果があると考えられる。多孔板を設置した管路では、速度分布については断面での速度分布の違いが少なくなり、これらの違いによる渦の形成も少なくなる。圧力分布についてもベンド部の上流側は圧力が大きくなったが、変動が少なく均一化になっており、下流側では圧力が小さくなり、圧力の分布は滑らかになっていることが見える。多孔板を設置し

た管路は、変径管路より圧力脈動の低減効果があると考えられる。

多孔板を設置した管路の圧力脈動の低減効果を確認するため、入口の圧力を 17.2atm, 19.6atm, 23.4atm の 3 ケースに変動させ、管内圧力分布の計算を行い、代表的な 5 カ所の圧力変動を抽出し比較した。ポイント 1 は入口の主管と分岐管の間にあり、ポイント 2 は第二分岐管の上流側のベンド部にあり、ポイント 3 と 4 はそれぞれ分岐管のベンド部にあり、ポイント 5 は二つの分岐管の間で出口の主管にあり、図-9 は代表的な点の位置を示している。

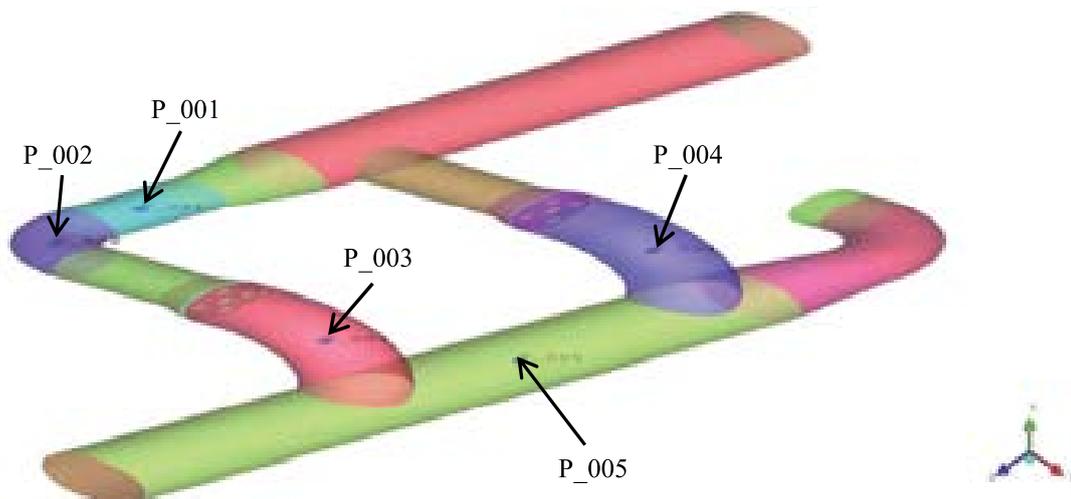


図-9 圧力抽出点の位置図

図-10 は代表点圧力の変動を表している。ポイント1と2は圧力変動が大きい、ポイント3, 4, 5は多孔板の設置により、圧力変動を抑えていることが分かる。よって、多孔板の設置対策案は、圧力脈動による振動が低減する効果のあることが確認された。

4. 結論

本研究は、ANSYS FLUENT を用いて管路の圧力脈動に関するシミュレーション解析を行い、以下の結論が得られた。

(1) 多孔板を設置した管路では、断面での速度分布の違いが少なくなり、これらの違いによる渦の形成も少なくなる。圧力分布についてもベンド部の上流側は圧力が大きくなったが、変動が少なく均一化しており、下流側では圧力が小さくなり、圧力の分布は滑らかになっていることを確認した。

(2) 変径管路と多孔板を設置した管路とも

に圧力脈動による振動を低減する効果があり、多孔板を設置した管路は低減効果が顕著に出ていることが分かった。

参考文献

- 1) PAIDOUSSIS, MP. (1987): Flow-induced Instability of Cylindrical Structures, J. Applied Mechanics, 40(2), pp.163-175.
- 2) PAIDOUSSIS MP. (1993) : Pipes Conveying Fluid : A model Dynamical Problem, Journal of Fluids and Structures, 7(1), pp.137-204.
- 3) JI Bingbing, CHEN Pingmei (2012): Example Explanation of ANSYS ICEM CFD Meshing Skill, Beijing China Water Power Press, 259p. (in Chinese).

(原稿受付 2015年 12月)

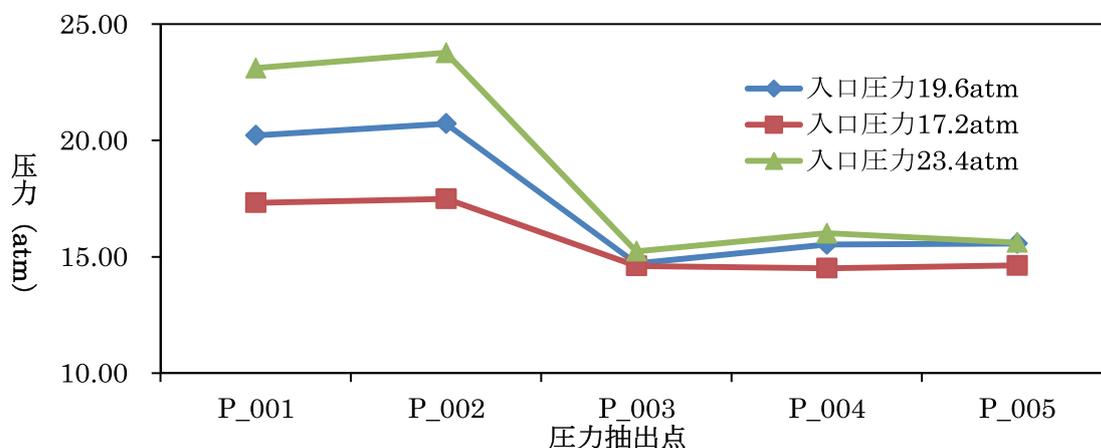


図-10 入口圧力の変動による代表点圧力の変動

反対荷電イオン性ミセルの混合によるラメラ膜の形成機構 II

— 有効曲げ弾性とベシクルの破裂 —

長井達三¹ 佐々木茂男²

¹九州共立大学総合研究所 ²九州大学大学院理学研究科

Formation mechanism for lamella membranes in a mixture of oppositely charged ionic micelles II

— Effective bending elasticity and rupture of a vesicle —

Tatsuzo NAGAI and Shigeo SASAKI

Abstract

A two dimensional model for describing dynamics of an ionic vesicle containing an ionic micelle proposed in the previous report is refined by introducing effective bending elastic constants and a new criterion for rupture of a vesicle. Electrostatic interactions between neighboring molecules in a monolayer are incorporated into effective bending elastic constants. It is confirmed by computer simulations that those new bending elastic constants possess correct effects of electrostatic interactions. Computer simulations with the new effective elastic constants and a new initial state are performed and lead to the following: (1) A vesicle which contains an ionic micelle is metastable. (2) The core micelle is incorporated into an inner layer of the vesicle by electrostatic interactions, which triggers charge inhomogeneity and results in large deformation of the vesicle. A rupture condition of the deformed vesicle is proposed as the condition for local curvature.

Keywords: Ionic micelle, Core vesicle, Lamella structure, Surfactant, Bilayer, Effective bending elastic constant

1. 序論

最近、界面活性剤は、洗剤、化粧品、工業材料そして薬品、 \cdots 等の広い分野で利用されるようになり、多くの研究者の関心を集めるようになってきた。界面活性剤分子は、両親媒性分子の一つで、親水性頭部と疎水性尾部をもち、油水界面ではその界面エネルギーを減少させて界面を安定化する。界面活性剤分子は水溶液中で会合して自己集合体をつくり、これは分子の種類や溶液条件に依存して、ミセル、ベシクル、ラメラといった多様な構造をとる。¹⁾

正負イオン性ミセル混合系の自己集合体

先の報告で²⁾、我々は、反対荷電をもつ界面活性剤の混合系がつくる自己集合体の安定化過程を捉えた実験結果を基に³⁾、それを記述する粗視化モデルを提出した。このモデルでは、正負イオン性ミセル混合の後、ミセルを中に含んだベシクル（コアベシクル、Fig. 1 参照）が形

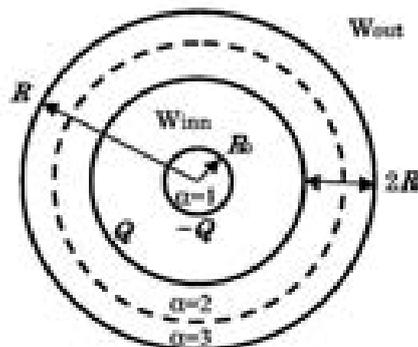


Fig. 1 コアベシクル $\alpha=1$: コアミセル, $\alpha=2$: 内側単分子層, $\alpha=3$: 外側単分子層. W_{inn} : ベシクル内水領域, W_{out} : ベシクル外水領域.

成されるものと仮定して、粗視化モデルを使って計算機シミュレーションを実行した。その結果、コアミセルはベシクル内層に取り込まれ荷電不均一を引き起すためベシクル内層が変形して、ベシクルが破裂するという結論をえた。しかしながら、そこにおいて、モデルパラメタの

値及び破裂条件の設定について、十分な根拠が示されなかった。今回の報告では、この二点について系統的かつ定量的にその根拠を明らかにする。

2. 粗視化モデル

正負イオン性界面活性剤分子は、電荷の符号だけが互いに異なり他の性質は同じで、かつ比較的大きいものとする。実験で使用されたDTAC分子とSDS分子はそのような性質をもち、共に長さが約1.5nmである。

Figure 2 に示すように、1分子を1‘頂点’で表し‘頂点’ i は次の6個の属性をもつものとする：位置 \mathbf{r}_i （分子の重心）、膜に垂直な方向のサイズ R_0 （分子の有効長）、膜に沿った方向のサイズ a_i （分子の有効直径）、単分子層の局所曲率 c_i （分子の形）、ディレクタ $\hat{\mathbf{p}}_i$ （分子の向きを表す単位ベクトル）、頭部の電荷 $q_i = \pm q_0$ ($q_0 > 0$)。ここで、ディレクタ $\hat{\mathbf{p}}_i$ は常に水の方向をむき、この‘頂点’が水と接する部分を頭部、その反対部分を尾部と呼ぶことにする。そうすると、頭部の位置ベクトルは $\mathbf{r}_{ih} = \mathbf{r}_i + R_0 \hat{\mathbf{p}}_i / 2$ と表される。

また、サイズ a_i 、曲率 c_i 及びモデルの最小長 Δ の間には次の大小関係があるものとする。

$$\Delta < a_i \ll 1/|c_i| \quad (1)$$

Figure 2 に示すように、サイズ a_i は頂点 i とその2つの隣接頂点($i \pm 1$)間の平均距離、曲率 c_i は3頂点 $i, i \pm 1$ がつくる三角形の外接円の曲率と定義する。ディレクタ $\hat{\mathbf{p}}_i$ は3頂点 $i, i \pm 1$ がつくる三角形の外心を通る方向に沿い常に水側を向くものとする。この $\hat{\mathbf{p}}_i$ が常に水の方向をむくという仮定は、界面活性剤分子がもつ頭部の親水性と尾部の疎水性をその第一の特性として取り込んだことを意味する。上に定義した頂点 i の曲率 c_i の符号は、この単分子層が水側に凸ならば正、凹ならば負となるように定義した。これはミセルの曲率を正にとるようにした為である。注意が必要なのは、1個の頂点は1個の界面活性剤分子を、その6つの特徴で近似的に表している、ということである。すなわち、頂点は比較的大きな界面活性剤分子の、このモデルにおける最小長 Δ

より小さい構造を平均化して表現した代表点である。また、分子有効長 R_0 は固定し、幅 a_i は可変とする。

隣接頂点について、この論文では、次の番号付けの規則を使用する。同一単分子層上の連続する頂点を、 $i, i + v, i + 2v, \dots, (v = \pm 1)$ のように表記する。このとき、隣接頂点の番号は、水領域を左に見て境界に沿って進む順序で、 $\dots, i - 1, i, i + 1, \dots$ 、となるように付ける。従って、この表記法における記号 \pm は単に順序を表す記号で

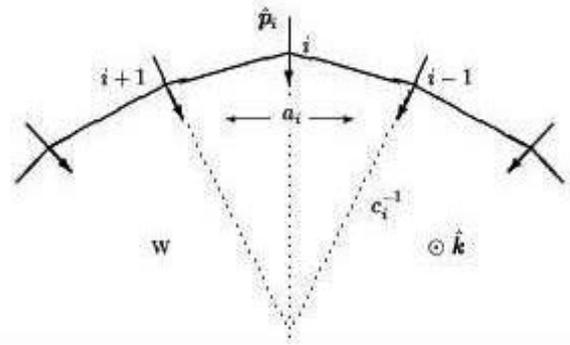


Fig. 2 単分子膜の頂点表示 頂点 i の属性：位置 \mathbf{r}_i 、分子有効長 R_0 、分子有効直径 a_i 、局所曲率 c_i 、ディレクタ $\hat{\mathbf{p}}_i$ 、頭部電荷 q_i 。

あつて演算を意味しない。

2.1 頂点の運動方程式

頂点 i の速度 \mathbf{v}_i は次式で与えられるものとする：

$$\eta_i \mathbf{v}_i = -\frac{\partial F}{\partial \mathbf{r}_i} + \boldsymbol{\zeta}_i \quad (2)$$

この式で、 $\eta_i = \eta_0 a_i / 3$ (η_0 は正定数)は抵抗係数、 F は系の全ポテンシャルエネルギー(具体的な表式は次節で与える)、そして $\boldsymbol{\zeta}_i$ はランダム力を表す。式(2)の左辺は粘性抵抗力、右辺第一項はポテンシャル力、第二項のランダム力は熱的攪乱を表す。この運動方程式は、もしランダム力が無視できれば、各頂点が F を極小にするように運動する、ことを保証している。ランダム力が無視できない場合は、 F は平均値の周りにゆらぎながら減少する。式(2)は、石けん泡や結晶粒及び生物細胞の集合体を作る界面系の運動を記述するために導入され、それぞれの界面系のエッセンスをよく捉えた結果をもたらした。⁴⁻⁶⁾

2.2 素過程

頂点が運動方程式(2)に従って運動する過程で、頂点間に働く静電相互作用により単分子膜同士の衝突・融合が起こる。このような事象を記述するために、素過程として、次の分子引抜過程を導入する。

分子引抜過程

Figure 3 に示すように、ミセルの頂点 i (電荷 $q_i < 0$) とベシクル内層の頂点 j (電荷 $q_j > 0$) が、水領域 W を挟んで、クーロン引力により微小距離 b ($\approx \Delta$) まで近づくと、頂点 i はベシクル内層に引抜かれ頂点 j の隣に入る。入り方は、もし頂点 j の両隣の頂点 (図中 j_1 と j_2) が互いに同符号の電荷をもつならば、 j との間隙が広い側に入り、もしそれらが異符号の電荷をもつならば、正電荷をもつ頂点側に入る、ものとする。これは、上記の入り方がポテンシャルエネルギーを低くすると推測されるからである。なぜなら、両間隙の違いは、同符号の電荷の場合は分子間力で、異符号の電荷の場合はクーロン力で決まる、と考えられるからである。

2.3 ポテンシャルエネルギー

系の全ポテンシャルエネルギーは次式で与えられるものとする。

$$F = F_{ben} + F_{int} + F_{ele} + F_{con} \quad (3)$$

ここで、 F_{ben} , F_{int} , F_{ele} , F_{con} は、それぞれ、単分子層の曲げ弾性、頂点間相互作用、静電相互作用、保存則による束縛、を表すポテンシャル・エネルギーである。これらの具体的表式を次に示す。

曲げ弾性エネルギー

曲げ弾性エネルギーは頂点表示で次のように書くことができる。⁷⁾

$$F_{ben} = \frac{1}{2} \sum_i \kappa_i a_i (c_i - c_0)^2 \quad (4)$$

ここで、 κ_i は単分子層の有効曲げ弾性定数、 c_i は頂点 i の曲率、 c_0 は単分子層の自発曲率で正とする。有効曲げ弾性定数 κ_i は頂点 i の電荷とその両隣の頂点をもつ電荷に依存するものとする。これらの有効曲げ弾性定数の具体的な表式は次節で導出される。

頂点間短距離相互作用

頂点間の相互作用は、一般に次のように書くことができる。

$$F_{int} = \frac{\lambda^2}{2} \sum_{ij} a_i a_j u_{ij} \quad (5)$$

ここで、 λ は界面活性剤分子の平均数密度 (単分子層における単位長当たりの分子数)、 u_{ij} は短距離で働く相互作用ポテンシャルで、以下に示す形をもつものとする。式(5)で因子 $1/2$ は2つの和により相互作用 $u_{ij} = u_{ji}$ を2度数えるからである。

(1) 単分子層内隣接相互作用

この相互作用は分子間力と静電気力に起因す

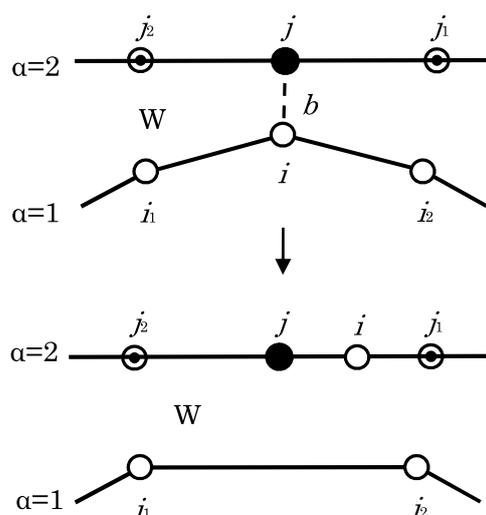


Fig. 3 分子引抜過程 記号 ●, ○, ⊙ は、それぞれ、正、負、正又は負の電荷をもつ頂点を表す。この図はミセル ($\alpha=1$) の頂点 i がベシクル内層 ($\alpha=2$) の頂点 j に引抜かれてその隣接頂点 j_1 側に入った場合を示す。入り方は頂点 j の両隣の頂点、 j_1 と j_2 の電荷および間隙 $j - j_1$, $j - j_2$ に依存する (本文参照)。

る。ここでは次式で表される幅 $2\delta\bar{a}_\alpha$ の井戸型ポテンシャルを仮定する。 $2\delta\bar{a}_\alpha$ は $0.1\bar{a}_\alpha$ ($\approx \Delta$) のオーダーである。ただし、 \bar{a}_α は α 層における頂点間の平均距離である。

$$u_{ii+\nu} = \hat{q}_i \hat{q}_{i+\nu} (\hat{p}_i \cdot \hat{p}_{i+\nu}) u_1, \text{ for } |r_{ii+\nu} - \bar{a}_\alpha| \leq \delta\bar{a}_\alpha \\ = \infty, \text{ otherwise} \quad (6)$$

ただし、 $\hat{q}_i \equiv q_i / q_0$ で u_1 は正定数である。式(6)のポテンシャルにより、各頂点は、単分子層に沿って、その分子層における平均距離 \bar{a}_α を中心として $2\delta\bar{a}_\alpha$ の範囲に束縛される。頂点同士は、ここにおいて、電荷が互いに異符号なら、ディレク

タを揃え、同符号なら不揃いにしようとする。

(2) 内外単分子層間の最近接相互作用

2分子膜の内側単分子層と外側単分子層の間の相互作用は分子疎水部と水および分子疎水部同士の相互作用に由来する。ここでは、Fig. 4 に示すように、頂点*i*に最も近い相手層の頂点[*i*]の間に、深さ $u_2 (> 0)$ の井戸型ポテンシャルで表される相互作用が働くものと仮定する。即ち、

$$u_{i[i]} = (\hat{p}_i \cdot \hat{p}_{[i]})u_2, \text{ for } |r_{i[i]} - \bar{d}| \leq \delta\bar{d} \\ = \infty, \text{ otherwise} \quad (7)$$

ただし、 \bar{d} は単分子層間の平均頂点間距離で次のように定義する： N_{inn} を内側単分子層 ($\alpha = 2$) の頂点数として、

$$\bar{d} \equiv \langle r_{i[i]} \rangle = \frac{1}{N_{inn}} \sum_{i=1}^{N_{inn}} r_{i[i]} \quad (8)$$

式(7)で $\delta\bar{d}$ は $0.1\bar{d}$ のオーダーであるものとする。式(7)のポテンシャルにより、各頂点对は、平均

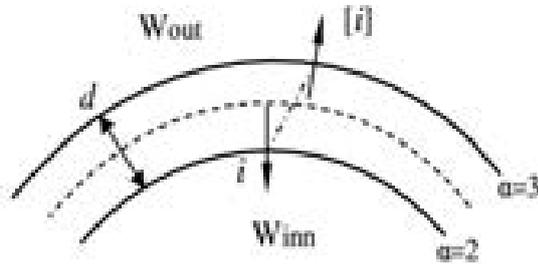


Fig. 4 内外単分子層間相互作用

距離 \bar{d} を中心として $2\delta\bar{d}$ の範囲に束縛されることになる。2頂点は、そこにおいて、ディレクタを互いに反対向きにしようとする。

頂点間静電相互作用

コアミセル ($\alpha=1$) は初期 ($t=0$) に負電荷 $-Q$ をもつ半径 R_0 の円形で、その頂点は2分子膜内側の単分子層上 ($\alpha=2$) の頂点と次式で表される静電相互作用をするものとする。

$$F_{ele} = \lambda^2 \sum_i^{(1)} \sum_j^{(2)} a_i a_j \phi_{ij} \quad (9)$$

ここで ϕ_{ij} は遮蔽されたクーロン相互作用を表し次式で与えられる。

$$\phi_{ij} = u_c \frac{R_0 \hat{q}_i \hat{q}_j}{r_{ij}} \exp(-r_{ij}/\xi), \quad r_{ij} > \bar{a}^0 \quad (10)$$

ただし、 $u_c \equiv q_0^2 / (4\pi\epsilon R_0)$ ($\epsilon = 80\epsilon_0$ は水の誘電率) は静電相互作用の強さを、 $\hat{q}_i \equiv q_i / q_0$ は電荷の符号を、そして ξ と \bar{a}^0 は、それぞれ、クーロン相互作用の到達距離と初期頂点平均サイズを表す。式(9)における2つの和、 $\sum_j^{(1)}$ 及び $\sum_j^{(2)}$ は、層 $\alpha=1$ 及び $\alpha=2$ 上の、各々、すべての頂点についてとるものとする。

系全体における電気的中性を要請すると、頂点の電荷は次式を満たす。

$$\sum_{i=1}^{(1)} q_0 \hat{q}_i = -Q, \quad \sum_{j=1}^{(2)} q_0 \hat{q}_j = Q \quad (11)$$

遮蔽されたクーロン相互作用、式(10)、は3次元空間におけるもので2次元空間では正しくない。しかし、我々のモデルが3次元空間における、高さが十分低い円筒状のベシクルとミセルを記述するモデルであると解釈すれば式(10)を使うことができる。

保存則を記述するポテンシャルエネルギー

界面活性剤と水の総量はそれぞれ保存される。この保存則を、次のように、ポテンシャルの形で表し近似的に考慮することにする。

$$F_{con} = \rho_B \sum_{\alpha} (L_{\alpha} - L_{\alpha}^0)^2 + \rho_W \sum_{\beta} (S_{\beta} - S_{\beta}^0)^2 \quad (12)$$

この式の右边第1項で、 L_{α} は単分子層 α の長さ(頂点間を直線で結んだ折線の長さ)で、 L_{α}^0 はその平衡値である。 α についての和はすべての単分子層を含む ($\alpha=1, 2, 3$)。式(12)の右边第2項で、 S_{β} は水領域 β の面積で、 S_{β}^0 はその平衡値である。 β についての和はベシクル内外の水領域について行う ($\beta=inn$: ベシクル内水, $\beta=out$: ベシクル外水)。 ρ_B 及び ρ_W は各物理量の保存に関する制限の強さを表す正定数である。

3. 有効曲げ弾性定数

我々が前節で導入した粗視化モデルにおいて、コアベシクルのダイナミクスを支配する最も重要な力は単分子膜の曲げ弾性力である。この力は式(4)によって表わされる曲げ弾性エネルギー

$-F_{ben}$ から導かれる。分子を粗視化した頂点は正又は負の電荷を持っているので、曲げ弾性定数は中性の単分子膜の曲げ弾性定数とは異なる値をもつはずである。この節では、この静電気力の効果を取り込んだ曲げ弾性定数、即ち有効曲げ弾性定数を導出する。

Figure 5 にこの粗視化モデルにおける単分子膜を示す。この図は水領域に向かって凸の膜中に並ぶ分子を切頭円錐形（断面）で示し、その中心に粗視化頂点を白丸（負電荷）と黒丸（正電荷）で描いている。頂点 i の曲率 c_i は、このモデルでは、3 頂点 $i, i \pm 1$ がつくる三角形の外接円の曲率で定義される。従って、曲げ弾性定数 κ_i は曲げ変形に抗するこの三角形の強さを表す。頂点 i がその両隣接頂点 $i \pm 1$ から受ける静電気力は各頂点の電荷の符号 $\hat{q}_i, \hat{q}_{i \pm 1}$ に依存する。この電荷の可能な組合せは次の 3 通りある (Fig. 5 参照)。

(1) 両隣接頂点の電荷の符号が頂点 i の電荷の符号と異なる場合： $\hat{q}_{i \pm 1} \hat{q}_i < 0$

この場合は、頂点 i は両隣接頂点から引力を受けて、その合力は曲率中心に向かう。その結果、曲げ弾性定数は $2\sigma_0 \kappa_0$ だけ増加する：

$$\kappa_i = \kappa_0(1 + 2\sigma_0) \equiv \kappa^{(0)} \quad (13)$$

ここで、 κ_0 は中性の単分子膜の曲げ弾性定数、 σ_0 は静電気力に起源をもつ正定数である。

(2) 両隣接頂点の電荷の符号が互いに異なる場

合： $\hat{q}_{i-1} \hat{q}_{i+1} < 0$

この場合は、頂点 i は一方の隣接頂点から引力を他方の隣接頂点から斥力を受けて、その合力は曲率中心方向に成分を持たずそれに垂直方向を向く。その結果、曲げ弾性定数は変化しない：

$$\kappa_i = \kappa_0 \equiv \kappa^{(1)} \quad (14)$$

(3) 両隣接頂点の電荷の符号が頂点 i の電荷の符号と同じ場合： $\hat{q}_{i \pm 1} \hat{q}_i > 0$

この場合は、頂点 i は両隣接頂点から斥力を受けて、その合力は曲率中心と反対方向に向かう。その結果、曲げ弾性定数は $2\sigma_0 \kappa_0$ だけ減少する：

$$\kappa_i = \kappa_0(1 - 2\sigma_0) \equiv \kappa^{(2)} \quad (15)$$

ミセルは全頂点が負の電荷を持っているのでこの場合に相当する。ミセルは安定であるから、その曲げ弾性定数は正でなければならない。故に、式(15)から、 $\sigma_0 < 1/2$ という制限がつく。

上で導入した無次元パラメタ σ_0 は静電相互作用 ϕ_{ij} 、式(10)、から次の様に導くことができる。Figure 5 に示すように、注目する頂点 i が 1 個の隣接頂点から受ける静電気力の大きさを f_0 とすると、求める σ_0 は f_0/f_b の曲率中心方向への射影であるから、 $\sigma_0 = (f_0/f_b) a_0 c_0 / 2$ と表わされる。ここで、 $f_b \equiv \epsilon_b / (R_0 (\lambda R_0)^2)$ ($\epsilon_b \equiv \kappa_0 / R_0$ ：特徴的曲げ弾性エネルギー) は特徴的曲げ弾性力で、単分子膜は曲率 c_0 、頂点間距離 a_0 のミセルを想定して評価することにする。静電気力の大きさは、 $f_0 = |-\partial\phi(r)/\partial r|_{r=a_0}$ により

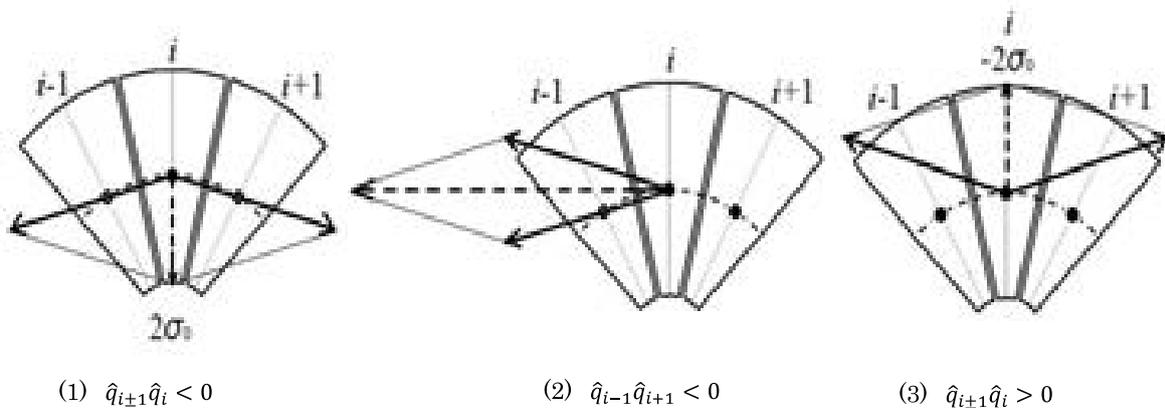


Fig. 5 曲げ弾性定数に対する静電気力の効果 σ_0 ：静電気力の曲率中心方向の成分（無次元表示）。白丸、黒丸：異なる符号の電荷をもつ頂点。

求まるので、パラメタ σ_0 は次のようになる。

$$\sigma_0 = \frac{u_c R_0 c_0}{2a_0 f_b} \left(1 + \frac{a_0}{\xi}\right) \exp\left(-\frac{a_0}{\xi}\right) \quad (16)$$

この式の右辺括弧の中の第二項は指数関数の微分から出てきたのだが無視できない。なぜなら、 σ_0 は単分子膜内の隣接分子間の相互作用だから、分子間距離 a_0 と遮蔽距離 ξ は同じオーダーであると考えられるからである。

上に得られた三つの表式、(13)～(15)、は有効曲げ弾性定数を系統的に設定する方法を与えるものである。Figure 6 に σ_0 を変数として各有効曲げ弾性定数をプロットした。静電相互作用が大きくなるにつれて、正負電荷が交互に並ぶ領域 ($\kappa^{(0)}$) が安定化し同一電荷が連続する領域 ($\kappa^{(2)}$) が不安定になることが分かる。

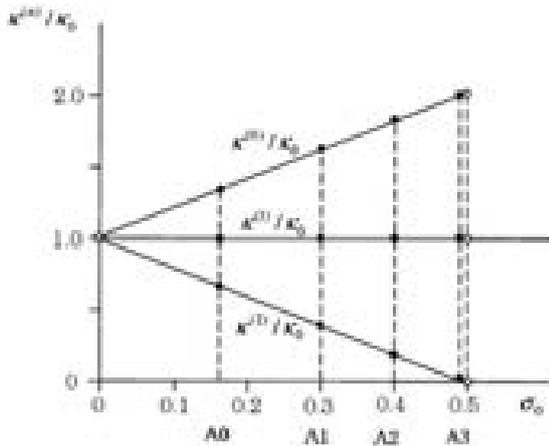


Fig.6 有効曲げ弾性定数 式(13)～(15)。

上述のように、静電気力の効果を弾性定数の中に取り込むことができたのは、単分子膜を構成する分子の分子間距離が近似的に一定であることによる。この静電気力の取り込みからのズレはより遠い距離にある分子からの静電気力として考慮することができる。その場合は分子間距離がその2分子をつなぐ単分子層の曲がり具合に依るので静電気力も変化することになる。

4. 計算機シミュレーション

計算機シミュレーションを実行するために、次式で定義される長さ、時間及びエネルギーの特徴

的な量、 R_0 (有効分子長)、 τ_0 及び ε_b (特徴的曲げ弾性エネルギー) を新しい単位に選び、すべての物理量をこれらでスケールして無次元化する。

$$R_0, \tau_0 \equiv \frac{\eta_0 R_0^4}{\kappa_0}, \varepsilon_b = \frac{\kappa_0}{R_0} \quad (17)$$

ここで、 κ_0 は中性単分子層の曲げ弾性定数である。新しい無次元量 (X) を波記号を付けて表して (\tilde{X})、次のように定義する：

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_i &= \tilde{\mathbf{r}}_i R_0, t = \tilde{t} \tau_0, F = \tilde{F} \varepsilon_b, \eta_i = \tilde{\eta}_i \eta_0 R_0, \\ \kappa_i &= \tilde{\kappa}_i \kappa_0, u_{ij} = \tilde{u}_{ij} \varepsilon_b, \tilde{\phi}_{ij} = \tilde{\phi}_{ij} \varepsilon_b, \\ \zeta_i &= \tilde{\zeta}_i \varepsilon_b / R_0 \end{aligned} \quad (18)$$

ここで、

$$\tilde{u}_{i+i+v} = \hat{q}_i \hat{q}_{i+v} (\hat{\mathbf{p}}_i \cdot \hat{\mathbf{p}}_{i+v}) \frac{u_1}{\varepsilon_b}, \tilde{u}_{i[i]} = (\hat{\mathbf{p}}_i \cdot \hat{\mathbf{p}}_{[i]}) \frac{u_2}{\varepsilon_b} \quad (19)$$

$$\tilde{\phi}_{ij} \equiv \frac{\phi_{ij}}{\varepsilon_b} = \hat{q}_i \hat{q}_j \frac{R_0}{r_{ij}} \exp\left(-\frac{r_{ij}}{\xi}\right) \frac{u_c}{\varepsilon_b} \quad (20)$$

更に、新しい無次元パラメタを、波記号を付けて、次のように定義する：

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{\tilde{\rho}_B \varepsilon_b}{R_0^2}, \rho_W = \frac{\tilde{\rho}_W \varepsilon_b}{R_0^4}, D = \frac{\tilde{D} R_0^2}{\tau_0}, \\ u_i &= \frac{\tilde{u}_i \varepsilon_b}{(\lambda R_0)^2} \quad (i=1,2,c) \end{aligned} \quad (21)$$

これらの無次元量を使って、運動方程式(2)を書くと次のようになる。ここで波記号は省略する。

$$\begin{aligned} \eta_i \mathbf{v}_i &= -\frac{\partial}{\partial \mathbf{r}_i} \left\{ \frac{1}{2} \sum_j \kappa_j a_j (c_j - c_0)^2 \right. \\ &+ \frac{1}{2} u_1 \sum_j \sum_v a_j a_{j+v} \hat{q}_j \hat{q}_{j+v} (\hat{\mathbf{p}}_j \cdot \hat{\mathbf{p}}_{j+v}) \\ &+ u_2 \sum_j^{(2)} a_j a_{[j]} (\hat{\mathbf{p}}_j \cdot \hat{\mathbf{p}}_{[j]}) \\ &+ u_c \sum_j^{(1)} \sum_k^{(2)} a_j a_k \frac{\hat{q}_j \hat{q}_k}{r_{jk}} \exp\left(-\frac{r_{jk}}{\xi}\right) \\ &+ \rho_B \sum (L_\alpha - L_\alpha^0)^2 + \rho_W \sum_\beta (S_\beta - S_\beta^0)^2 \left. \right\} \\ &+ \zeta_i \end{aligned} \quad (22)$$

ここで、 $\eta_i = a_i / 3$ 、 κ_j は、頂点 j とその両隣の頂点の電荷の符号に依存し、式(13)～(15)を κ_0

で割った式で与えられる。

4.1 ベシクルに対する有効曲げ弾性定数の効果

三つの代表的有効曲げ弾性定数のセット A0、A1、A3 (Fig. 6 参照) についてシミュレーションを行なった。その結果を Fig. 7 に示す。この図では頂点の位置にディレクタを描きその頭部で電荷の正 (黒) 負 (白) を表す。ここではランダム力は零とし、各層内で頂点が入れ換わることは禁止した。

Figure 7 に示す初期状態 ($t = 0$) は、 $\sigma_0 = 0.17$ の場合 (A0) の有効曲げ弾性定数をもった一個のコアベシクルからスタートしてミセルが完全にベシクルに引き抜かれた直後の状態である。これを初期状態として、(A0)~(A3) の場合についてシミュレーションを行なった。その結果得られた終状態 ($t = 5$ 以後不変) が Fig. 7 の (A0) $t = 5$ ~ (A3) $t = 5$ である。(A0) $t = 5$ はミセル引き抜き直後 ($t = 0$) の歪が開放されてベシクル内外層が滑らかになっている。

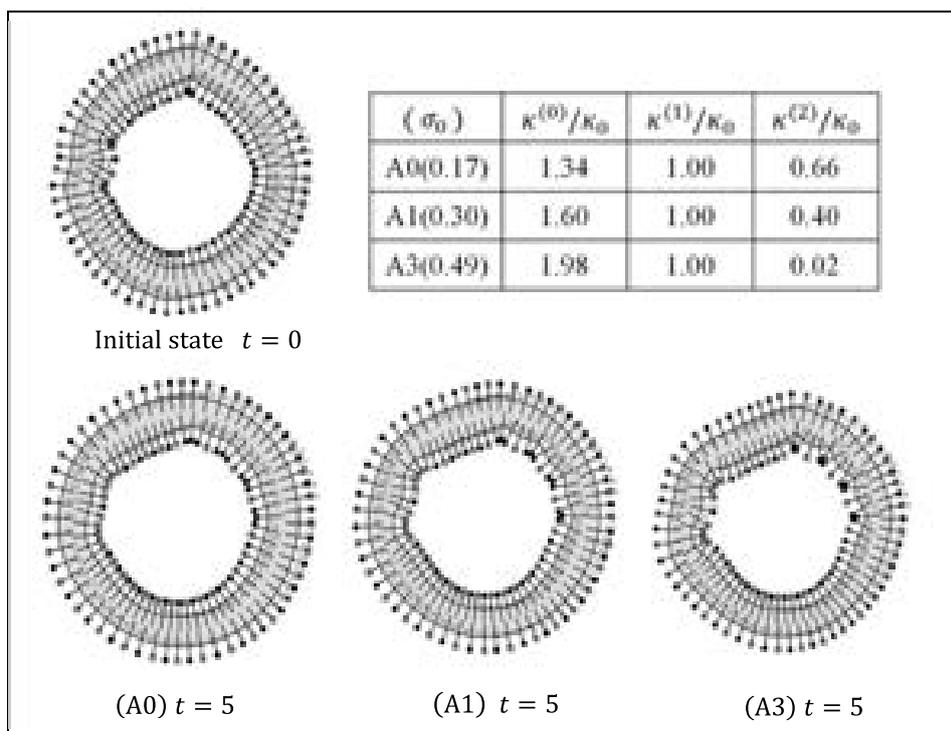


Fig. 7 ベシクルの形に対す静電気力の効果 単分子膜内の分子間静電相互作用は有効曲げ弾性定数に取り込んである。 σ_0 が静電気力の強さを表す (式(16))。採用したパラメタ : $c_0 = 2.0, \alpha_0 = 0.44, \xi = 0.5$ (無次元表示)。

(A1) $t = 5$ と (A3) $t = 5$ では、静電気力 σ_0 が (A0) の約 2 倍と 3 倍と大きくなるに伴いベシクル内層の凹凸が顕著になり、その影響が外層にも及んでいることが分かる。

以上の結果は電荷の不均一性がベシクルの変形に強く関与すること、及び有効曲げ弾性定数が正しく機能していることを示している。

4.2 ベシクルによる内包ミセルの取込

イオン性ミセルを内包するコアベシクルは、静電相互作用により、その内層にミセルを取り込んで不安定になる。ここでは、ベシクルによるミセルの取り込みと変形状態を詳しく追跡し、ベシクルの破裂の条件を考察する。前報告²⁾との重要な違いは、初期状態でミセルの頂点数を増やしベシクル内層の荷電分布をより不均一にしたことである。加えてランダム力は零とした。ランダム力はポテンシャル力の効果をマスクして結果の起源をあいまいにするからである。

結果を Fig. 8(a)–(i) に示す。この図で N_m は

各時刻 t におけるミセルの頂点数、各単分子層上の白黒の円をもつ棒はディレクタ \hat{p}_i を表す。ディレクタ頭部の白円と黒円は、それぞれ、負電荷と正電荷を表す。各時刻に於いて、各層内で順序付けした頂点番号をディレクタ中心の右横に、1, 5, 10, ... のように記入した。以下すべての量は無次元表示である。

初期状態 **Fig. 8(a)**では全頂点数 $N_{tot} = 120$ で、内訳はミセル $N_m = 16$ 、内層 $N_{inn} = 44$ 、外層 $N_{out} = 60$ 、とした。ミセル頂点数は文献2での2倍になっている。系全体として電気的中性を仮定する。外層の電荷は一樣に分布し合計すると零である。従って、ミセルと内層を合わせて零電荷となるが、負電荷をもつミセルの頂点が増えた分内層の負電荷が減り荷電不均一が増加したことになる。このシミュレーションでは長さの基準としてディレクタの長さを単位1（分子の有効長）とした。この単位で、ミセルの曲率（自発曲率）を $c_0 = 0.786$ 、即ち曲率半径 $R_m = 1.273$ 、内層の曲率半径 $R_{inn} = 3.501$ 、外層の曲率半径 $R_{out} = 4.775$ とした。この様に採ると、各層におけるディレクタの中心の間隔 a_0 がすべて $a_0 = 0.5$ となる。これによりすべての頂点が同種の分子を粗視化したものであること考慮した。この初期状態は円対称のため電荷分布が一樣ならこれ以上動かないのだが、非一樣なので運動方程式にしたがってゆっくりと変形を始める。

Figure 8(b) $t = 20$ でミセルが移動し左側の内層に引き寄せられているのが分かる。ミセルは変形せず内層が変形している。**Figure 8(c)**ではミセルの頂点が2個引き抜かれて内層に移った。次に、ミセルは左側内層を離れて右側内層に引き寄せられ、**Fig. 8(e) – (g)**の様ミセルの頂点が右側内層に移った。最後のミセル頂点は再び左側内層に引き寄せられそこで引き抜かれた (**Fig. 8(i)**)。この後は時間が経過しても殆ど変化がなかった。従って、 $t = 150$ は最終状態と見做してよい。**Figure 9**はこの最終状態を1.5倍拡大して、ミセルから引き抜かれた頂点を、その中心に丸印を付けて示した。これを見ると、ミセル由来の頂点が並ぶ部分は直線状になっていることが分かる。そこでは正電荷をもつ分子頭部が密に寄り集まって、高いエネルギー状態になっているものと考えられる。

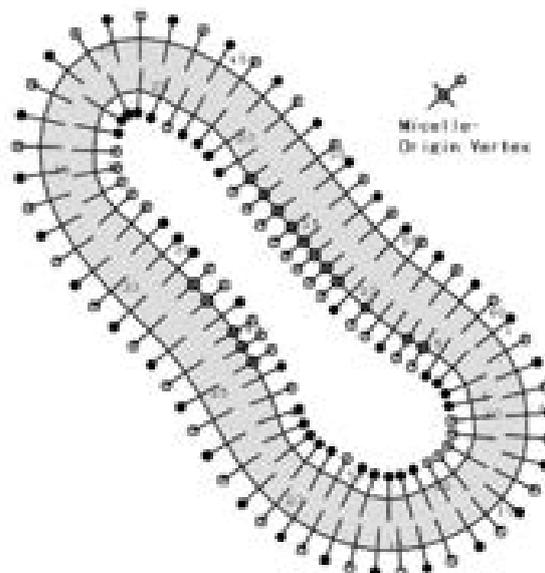


Fig. 9 最終状態とミセル由来の頂点
 $t = 150: N_m = 0$ 。Fig. 8(i)を1.5倍に拡大。

ベシクルの破裂は局所曲率の絶対値が大きい部分から起こると考えられる。それを調べるために、最終状態 **Fig. 9**の内層及び外層の局所曲率を求めた。結果を**Fig. 10**に示す。横軸は内層に沿って測った長さ l で、内層の各頂点 i における曲率 c_i を丸印でプロットした。三角印は内層の各頂点 i に最も近い外層の頂点 $[i]$ （パートナー）の曲率 $c_{[i]}$ をプロットした。我々は曲率の符号を水領域に凸形が正と定義したので、内層は概ね負曲率、外層は概ね正曲率になっている。内層が凹形領域は外層が凸形、或はその逆の形（これは両者共にほぼ直線と見てよい）を作っていることが分かる。曲率の絶対値の“ゆらぎ”は内層の方が大きい。これは内層の電荷不均一性が大きいことが原因している。

内層の曲率の“ゆらぎ”が最も大きいのは、頂点24から28に挟まれた部分 (**Fig. 10**で網掛け領域)である。ここだけは曲率の絶対値が自発曲率 c_0 を越えて1.13にまで達している。このことから、内層の変形に於いて自発曲率は特別な意味をもつものと考えられる。

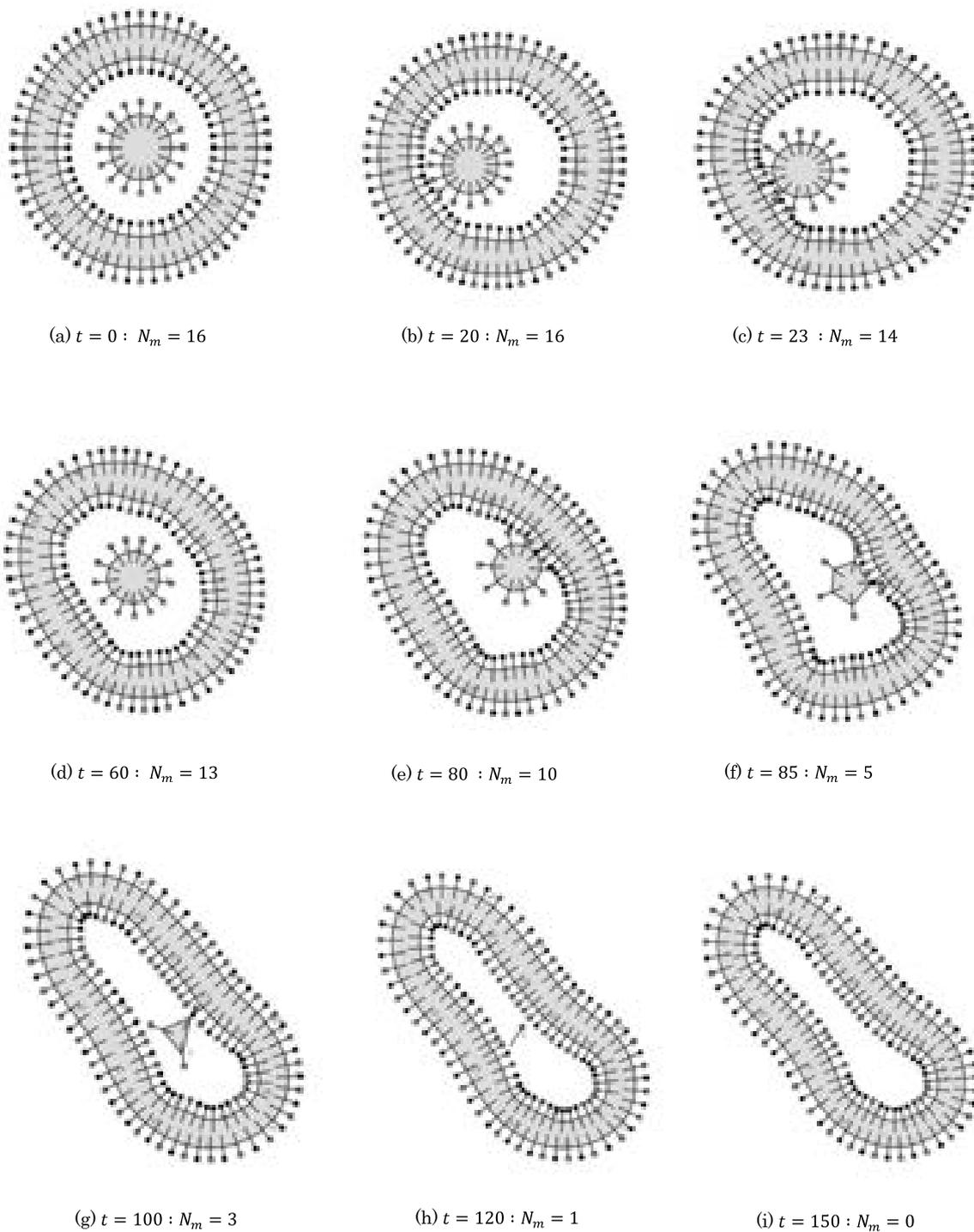


Fig. 8 スナップショット 内包ミセルの取込によるベシクルの変形。分子頭部の記号は電荷の符号を示す：●正、○負。

以上の結果から2分子膜破裂の条件として次の様に書くことができる。

$$c_i(2) < -c_0 \quad (23)$$

ここで、 $c_i(2)$ は内層 ($\alpha = 2$) の頂点 i における曲率である。

5. 結論

先の報告²⁾で提出したコアベシクル (イオン性ミセルを内包したイオン性ベシクル) のダイナミクスを記述する2次元モデルを次の2点について精密化した。

(1) 有効曲げ弾性定数

単分子膜内で隣接する分子間の遮蔽されたクーロン相互作用の効果を、有効曲げ弾性定数として取り込んだ。

(2) 新ベシクル破裂条件

ベシクル破裂の新しい条件として単分子膜の局所曲率に対する条件を提案した。

上記2点の精密化をしたモデルを使って、計算機シミュレーションを実行した結果、次の様に結論することができる。コアベシクルは準安定であり、コアミセルがベシクル内側の単分子膜に取り込まれると、荷電の不均一が増大するため単分子膜が変形を起こす。変形がある閾値を超えると、ベシクルは破裂してラメラ片に移行する。ベシクルの寿命は内層の荷電不均一の度合いに依存する。

将来の問題

ベシクル破裂の後に生成されるラメラ片の記述を確立する。特にラメラ片末端の記述方法を精密化することが必要である。

謝辞

この報告で提出した粗視化モデルは、元佐賀大学教授末崎幸生氏とのマイクロエマルション

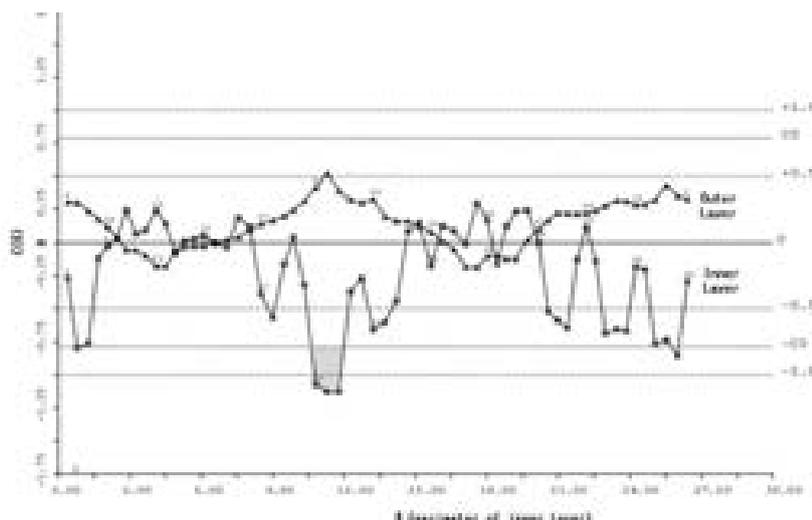


Fig. 10 最終状態のベシクルにおける局所曲率 横軸:内層に沿った長さ(原点:頂点1)。○:内層頂点での局所曲率、△:外層パートナーでの局所曲率。

に関する共同研究に負うところが大きい。ここに記して氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) J. N. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, Academic Press(1992); 近藤保, 大島広行 訳, 分子間力と表面力, 朝倉書店 (1996).
- 2) 長井達三, 佐々木茂男, 九州共立大学総合研究所紀要 第5号, pp. 37-44 (2012).
- 3) M. Koga and S. Sasaki, Flow Dynamics (AIP Conference Proceedings) Vol. 832, pp. 360-363 (2006). この実験は、時分割 SAXS スペクトルにより、水溶液中で陽イオン界面活性剤 DTAC ミセルと陰イオン界面活性剤 SDS ミセルを高速混合すると、準安定な中間相を経て安定なラメラ相が形成される、ことを示した。
- 4) T. Nagai, K. Kawasaki and K. Nakamura, J. Phys. Soc. Japan, 57, pp. 2221-2224 (1988).
- 5) K. Kawasaki, T. Nagai and K. Nakashima, Phil. Mag. B, 60, pp. 399-421 (1989).
- 6) T. Nagai and H. Honda, 2001, Phil. Mag. B, 81, pp. 699-719 (2001); Phys. Rev. E, 80, pp. 061903(1)-(12) (2009).
- 7) W. Helfrich, Z. Naturforsch., 28c, 693 (1973).

(原稿受付 2015年 12月)

潮流発電機用ブレードの強度試験

蒲原隆浩 本城修一 川嶋竜之介 小田泰造 今給黎匠
アイム電機工業株式会社

Blade Strength Test of the Tidal Power generator

Takahiro KAMAHARA, Shuichi HONJO, Ryunosuke KAWASHIMA
Taizo ODA, Takumi IMAKYUREI

Abstract

The tidal power generator plays the important role for utilizing the renewable energy resources. Authors has been investigate the optimum blade structure of the tidal power generator with high safety and lightweight property. In this paper, the 2 type full scale hollow blade, which have different structure and materials, were designed, produced and tested on trial. At a same time, the structure analysis was performed to make clear the inner stress condition. The both blade structure shows the high safety against the rated sea flow condition with experimentally and numerically.

Keywords: Tidal power generation, material mechanics, structural analysis

1. はじめに

海洋エネルギーを利用した発電技術は、欧米を中心として活発な技術開発が行われており、地球温暖化対策として注目されると共に、今後の市場拡大が期待されている。しかし海洋エネルギー発電技術は、一部実用化された例こそあるものの、海洋環境への影響や発電効率の向上、耐久性の確保他多くの難課題が山積しており、採算性を有する事業として成立するには至っていない。また、風力発電をはじめ発電にブレードを要するユニットではブレードの破損による事故が多数報告されており、海洋エネルギー事業においても安全性、信頼性の確保は重要な課題の1つである。これにより、ブレード設計をする上で軽量構造の模索や構造・材質の複雑化も散見され、構造解析による強度評価技術には以前にも増して複雑な強度評価が求められている。本論では潮流発電機の実海域試験に向けて、ブレードの安全性を確保すべく、実スケールの複数材料構成のブレードを設計、製作し、実際に試験を行うことで、構造解析データの信頼性を裏付けると共に、改善すべき問題点を抽出する事を目的とする。

2. 水車及びブレード構造

流体計算を行う上で使用する水車諸元を表 1 に、水車概略とブレード形状詳細を図 1 にそれぞれ示す。

本試験にて評価した 2 種類のブレード構造 A, B の緒元を表 2 に、ブレード桁材の概略を図 2 に、FRP の機械的特性を把握する為に行った強度試験の結果を図 3 に示す。ブレードについては海中での運用を前提とすることから、耐食性の高いステンレス製の桁材と、軽量化の可能な繊維強化樹脂材 (FRP) の外皮を組合せた複合構造について評価を行う。実設計では桁材に強度・耐食性の面から二相ステンレス鋼 SUS329J4L を使用する予定であるが、手配に時間を要することから汎用ステンレス材料である SUS304 にて桁材を製作し評価を行った。

まず「構造 A」は高剛性構造の桁材 (SUS304) と低強度の外皮構造を組合せたものであり、負荷の大部分を桁材で支持する構造となっている。次に構造 B は塑性変形しない低剛性の桁材構造 (SUS304) と高強度の外皮構造を組合せたものであり、構造全体で大きな変形を起こす構造とした。FRP は強化繊維とマトリクス樹脂の組合せ

によって強度が異なるため、本着想に従い構造 A にはガラス FRP 材（以下 G-FRP）、構造 B にはカーボン FRP 材（以下 C-FRP）を使用した。

表. 1 水車設計諸元

直径	7m
ハブ比	0.25
プロペラ枚数	前段/後段：3/5 枚
周速比	4

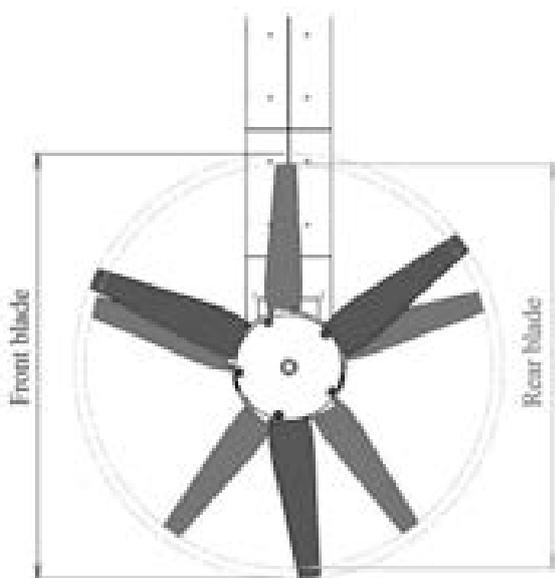
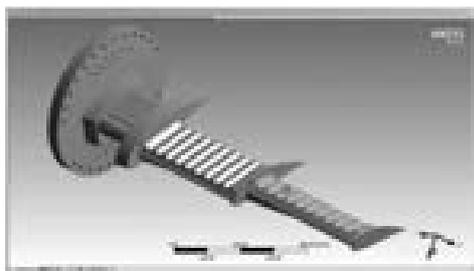


図 1. 水車モデル概略図



(a) 構造 A 桁材構造



(b) 構造 B 桁材構造

図 2. ブレード桁材構造

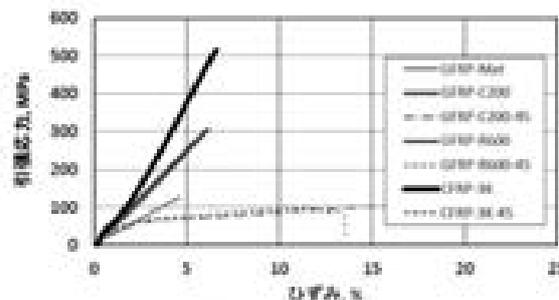


図 3. FRP 材料の応力-歪曲線

表 2. 構造 A, B 詳細

構造 A (総重量 454kg 中実比 34%)					
桁			外皮		
材質	長さ [mm]	重量 [kg]	材質	長さ [mm]	重量 [kg]
SUS304	2140	284	G-FRP	2625	170

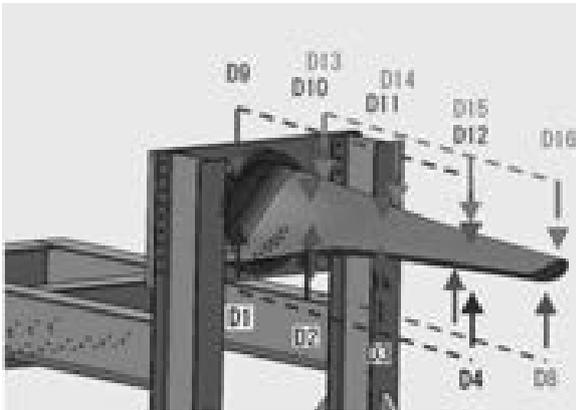
構造 B (総重量 337kg 中実比 25%)					
桁			外皮		
材質	長さ [mm]	重量 [kg]	材質	長さ [mm]	重量 [kg]
SUS304	1650	182	C-FRP	2625	155

3. 試験装置及び方法

数値解析ソフトには、ANSYS, Inc. 提供の ANSYS-CFX（流体解析）、ANSYS-Mechanical（構造解析）を使用しており、曲げ試験には東京衝機製の油圧式万能試験機にて片持ち支持状態での曲げ試験を行った。曲げ試験装置の概略と計測位置を図 4 に示す。本曲げ試験での変位測定位置は翼の前縁側・後縁側それぞれの圧力面側と負圧面側に 4 点ずつ、合計 16 点 (D1-D16) についての変位をレーザー変位計にて検出する。また、試験荷重 M_0 については、流速: $v = 3.3 \text{ m/s}$ 、回転数: 35 rpm を解析条件として 3D 翼モデルの流体解析を行い、算出された圧力分布やモーメントの結果より、相当モーメントを翼先端への集中荷重に換算することで算出する。この荷重 M_0 にて、構造解析による変位量の算出と安全率の予測を行い、実際に試作ブレードへの曲げ試験を行うことで、構造解析データとの比較を行い、構造解析データの信頼性を確認する。



(a) 試験装置概略



(b) 測定点

図4. 試験装置概略

4. 解析及び試験結果

ANSYS による解析結果を図5に示す。ブレードに作用する圧力については図5(a, c)より、半径方向へ向けて圧力面側の圧力の上昇と翼先端部での急激な圧力低下が、負圧面側では半径方向へ向けて圧力の低下が予測された。

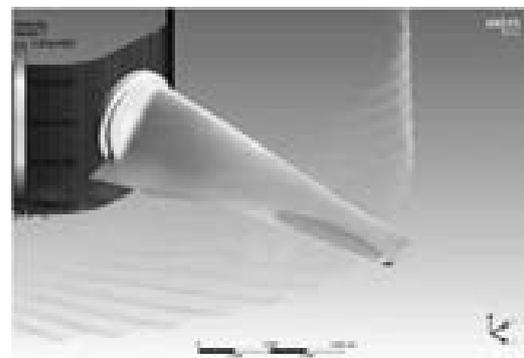
また、得られた半径方向の荷重分布(図5b, c)より、ブレードに作用する荷重が算出される。この荷重を翼端に作用する集中荷重として換算し、試験荷重を算出したところ、 $M_0=33\text{kN}$ となった。

この試験荷重 M_0 を構造 A, B 翼端に作用させた場合の構造解析結果について、外皮の変形量を図6に、外皮の安全率を図7に、桁材の安全率を図8にそれぞれ示す。まず外皮の変形量については、構造 A, B 共にブレード半径方向へ向けて徐々に変形量が大きくなる様子が見られ、構造 A では65mm(図7a)、構造 B では134mm程度(図7b)の最大変形量が予測された。外皮の安全率については、構造 A では十分に安全である(図8a)という予測が示されている。構造 B

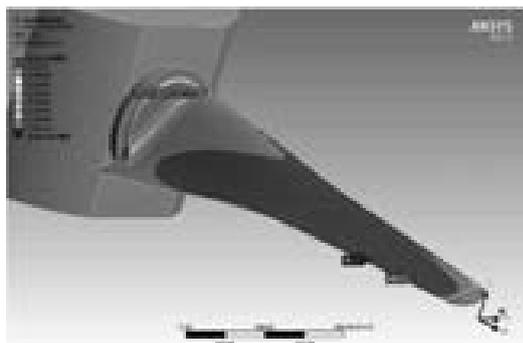
の一部に安全率の低いエリア(図8b 水色部)が見られたが、本試験荷重では安全性に問題ないという結果であった。一方桁材の解析では、構造 A にて全体的に応力の作用が確認され、荷重の大部分を桁で支持する構造の特徴を示しているが、部分的に低強度部(図9a 赤色部)もみられた。一方で構造 B ではわずかに低強度部を示すのみ(図9b)であることが解析から予測された。

次に構造 A, B について実際に曲げ試験を行い、各測定点にて得られた結果を図9, 図10に示す。測定点については、ブレード固定端側を基準として後縁負圧面側を D1-4(図9a, 10a)、前縁負圧面側を D5-8(図9b, 10b)、圧力面側も同様に、後縁圧力面側を D9-12(図9c, 10c)、前縁圧力面側を D13-16(図9d, 10d)として、各点での変位量を測定した。構造 A, B 共に半径方向に向けて変位が大きくなる傾向が構造解析予測同様に現れており、翼端部の変位が最も大きい。具体的な翼端部での実変位量は、構造 A で80mm、構造 B で110mmであり、いずれも構造解析にて予測された変位量に近い数値となっている。以上から構造解析での変位量予測の精度は信頼できることが確認された。

また、構造 B の特徴として、特に翼端部の変位が、その近傍点(D4, 8, 12, 16)の変位よりも高い値を示す傾向を示しており、近傍点の2倍に近い変位量で先端が変形しているという結果も見られた。しかし、いずれの条件においてもブレードの破壊には至っておらず、安全性評価についても、変位予測同様に信頼できるものと考えられる。



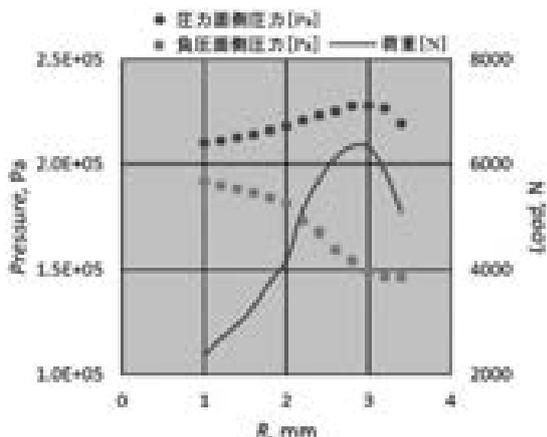
(a) 圧力分布 (CFX)



(b) 圧力分布 (構造解析)

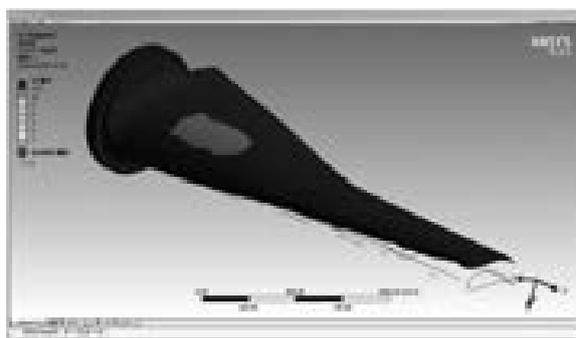


(a) 構造 A 安全率 G-FRP



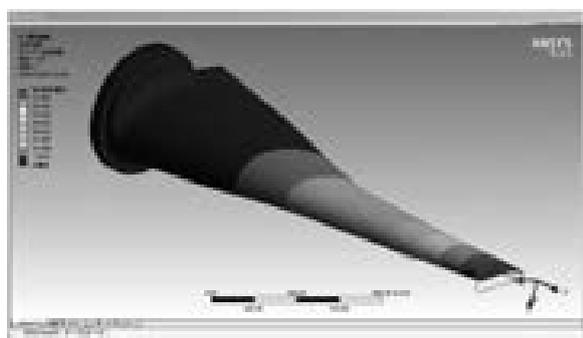
(c) 半径方向圧力と荷重分布

図 5. 解析結果

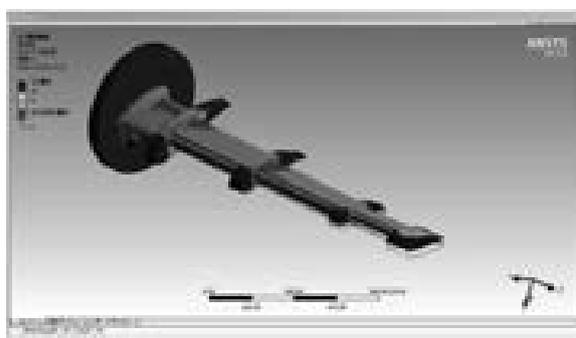


(b) 構造 B 安全率 C-FRP

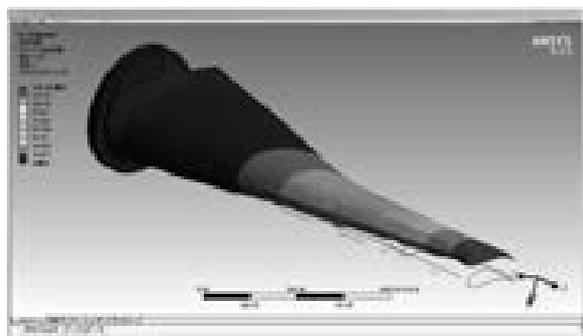
図 7. 外皮安全率予測



(a) 構造 A 外皮変形量 max 65mm

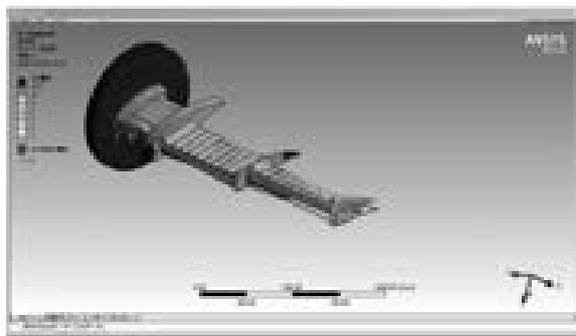


(a) 構造 A 桁材安全率 SUS304



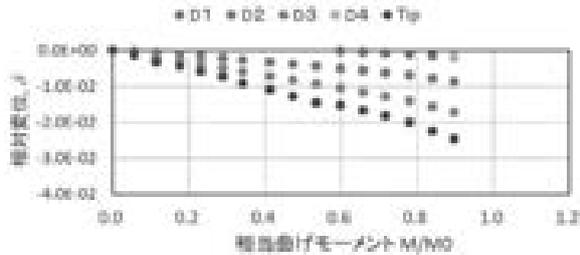
(b) 構造 B 外皮変形量 max 134mm

図 6. 外皮変形量予測

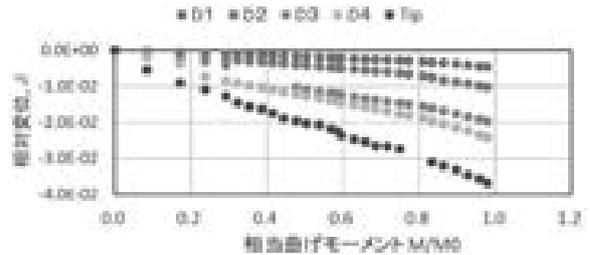


(b) 構造 B 桁材安全率 SUS304

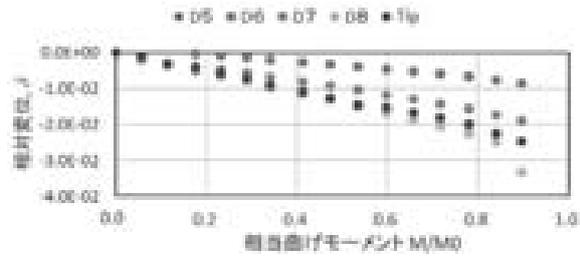
図 8. 桁材安全率予測



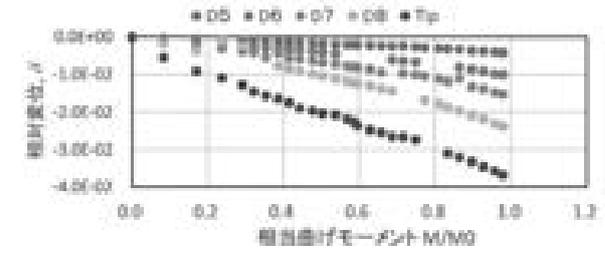
(a). A 構造-後縁負圧面



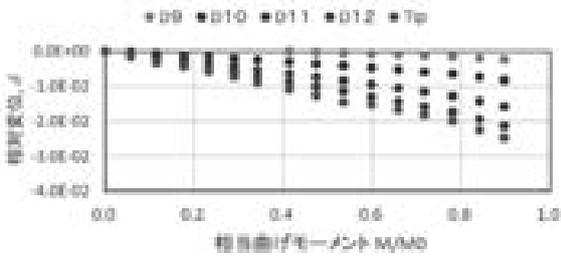
(a). B 構造-後縁負圧面



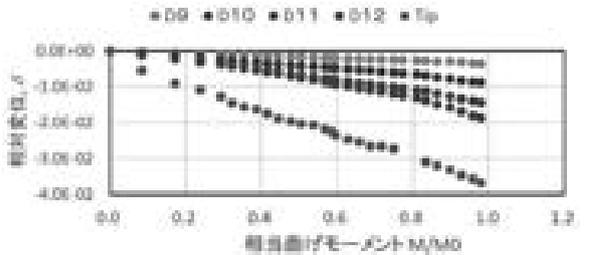
(b). A 構造-前縁負圧面



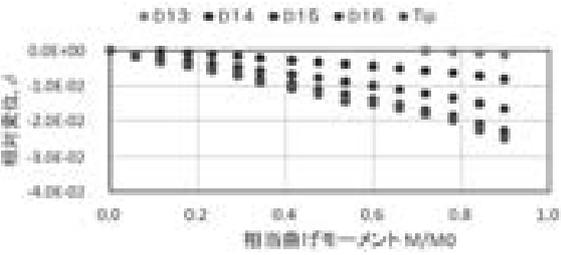
(b). B 構造-前縁負圧面



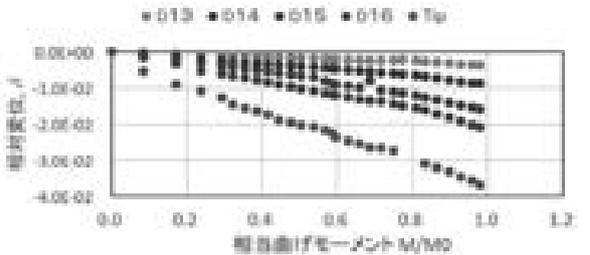
(c). A 構造-後縁圧力面



(c). B 構造-後縁圧力面



(d). A 構造-前縁圧力面



(d). B 構造-前縁圧力面

図9. 構造A 曲げ試験結果

図10. 構造B 曲げ試験結果

5. おわりに

発電機ブレードについて、構造解析及び曲げ試験をおこなうことで得られた結論を以下に記す。

- ①翼先端部での変位については定性的に構造解析の結果と一致した。
- ②現試験構造において材料の破壊には至っていないが、実設計に用いる桁材は耐力・引張強度共に2倍近い強度を持つSUS329J4Lの使用を考慮しており、より安全な設計が可能。

- ③中空構造の採用により、強度の維持と軽量化の双方を達成した。

今後の課題としてブレードの変形度合いと水車性能の変化について考察が必要である、またFRP材については、海水中における疲労強度の低下が懸念されることから、引き続き調査する必要がある。

参考文献

- 1) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2014): 海洋エネルギー技術研究開発事業の取組.
- 2) 新エネルギー・国際協力支援ユニット 新エネルギーグループ, (2013), : 経産省、風車の事故を受け対策に乗り出す; 世界で事故は増加傾向, IEEJ2013年5月掲載.

(原稿受付 2015年 12月)

重度障がい者雇用を促進する企業における課題解決型インターンシップ の取り組み -その1-

高木克昭¹ 田中邦博¹ 石川勝彦² 山本啓一³ 辻井洋行⁴

1 九州共立大学 2 熊本県立大学 3 九州国際大学 4 北九州市立大学

PBL-oriented internship at the disability employment promotion company (Part.1)

Katsuaki TAKAGI, Kunihiro TANAKA, Katsuhiko ISHIKAWA,
Keiichi YAMAMOTO, Hiroyuki TSUJII

Abstract

The current study investigates how PBL-oriented internship programs should be designed in order to achieve both development of students and contribution to host companies. We analyze the four-year internship program conducted in a company employing persons with disabilities actively. The result shows that it is essential for a host company to accept interns as part of its member. At the same time, students' attitudes toward on-site learning are indispensable. It is also suggested that coordinators from universities should not act as intermediary between students and a host company—rather, they should manage programs from the outside, treating interns and a host company as a team.

Keywords: *PBL in an internship, disability employment promotion, civic education*

1. はじめに

筆者らは過去4年間にわたり課題解決型インターンシップに取り組んできた。具体的には、北九州市にあるサンアクア TOTO(株)において、学生チームが、障がいを持つ従業員の方々と共に、生産工程に関わる課題について検討するという「サンアクア TOTO(株)産学合同インターンシップ」である(以下、本インターンシップと称する)。本稿では、この事例をもとに「課題解決型」および「インターンシップ」にまつわる諸問題に関して、知見をまとめたい。

課題解決型インターンシップにおいては、教育効果と企業から求められる成果物の質の向上という両方が求められる。そのためには、教育プログラムにおいて何が必要となるだろうか。

課題解決型インターンシップとは、近年、多くの企業が実施するようになってきたインターンシップである。一般的には、大学生は、受け入れ企業から与えられる課題に対し、社員と協働しながら解決策を構想し、提案するというプログラムが多い。そこでは、大学で学んだ知識

を活用しながら企業が求める解決策を提案すると同時に、社会人としての学びを獲得するという両方が求められる。

参加する大学生にとって、課題解決型インターンシップは大きなメリットがある。大学生は通常のインターンシップより長期間にわたって企業のメンバーの一員として現場に入り込むことが多い。一般的に、インターンシップにおいて、大学生が職場環境という現場から経験的に学べることは多い。こうした学び方はまさに社会人が働きながら学ぶ際の学び方である。すなわち、インターンシップとは、大学生が大学から社会への転換(トランジション)を行ううえで重要な学習方法であるといえよう。

他方、課題解決型インターンシップは、学生が一方的に就業体験を通じて学ぶだけでなく、企業に対して何らかの貢献を行うことが求められる。その意味で、企業と大学生は相互にメリットが存在しなくてはならない。

課題解決型インターンシップは、通常のインターンシップと比較して企業側に多くの労力を

かけることになる。通常は、1週間以上の日程でプログラムが組まれることが多い。企業にとって、こうしたインターンシップを実施するメリットはどこにあるのだろうか。

そのうえで、どのような点に配慮してプログラムを設計すれば、学生が提出する成果物（課題解決策）の質が向上し、かつ大学生が多くの気づきと学びを蓄積しうる良質なインターンシップを実現することができるのだろうか。

現在、アクティブラーニングの手法や、インスタラクショナルデザインなど、「教えること」「学ぶこと」を支えるための知見、あるいは「教える-学ぶ」という枠組みを超えた学習に関する理論モデル研究などは多く生み出されている。課題解決型スキルを育成するための教育プログラムもこの数年でずいぶんと広がってきた感がある。しかしながら、そうしたモデルに基づいたインターンシップが実際に優れた成果を生み出すためには、どのような運用が必要になってくるのかという、現場からの知見のフィードバックは意外と少ない（失敗事例は多く報告されているにも関わらず）。

学生の学びを促進するプログラムはどのようにすれば作り出されるのか、企業側にメリットのあるプログラムとはどのようなものなのか。本稿で扱う事例は一つにすぎないが、このような大きな問題提起につなげてみたい。

2. インターンシップに関する概要

2.1 サンアクア TOTO の概要

サンアクア TOTO(株) (以下、サンアクアと称する)とは、親会社である TOTO(株)が行政から障がい者雇用の促進について要請を受けたことを契機として、1994年に福岡県、北九州市、TOTO 株式会社が共同出資を行い、第三セクターとして設立された企業である。出資比率は、TOTO(株)が60%、福岡県と北九州市がそれぞれ20%である。重度障がい者を中心に雇用を進めており、2014年現在では従業員106名、内62名が障がい者である。重度1,2級を39名、中度以下が23名である (Table.1 参照)。当社は TOTO 製品の組み立てと DTP データ制作を主な事業としている。具体的には水洗金具・給排水配管等の組み立てと包装、また、印刷物の版下製作 (TOTO 製品の取扱説明書、施工説明書、チラシ、パンフレット等の製作)、点字名刺

の作成、資料のスキャンやデータ入力等である (Fig.1)。

Table.1 サンアクア TOTO の被雇用者 (2014年現在)

	人数	%
視覚障がい	2	3.3
精神障がい	9	14.5
肢体不自由	27	43.5
聴覚障がい	10	16.1
知的障がい	11	17.7
内部疾患	3	4.9
計	62	100.0



Fig.1 下肢障がいのある従業員の働く様子

組立業務については、従業員の障がいの状況が多様であるため、ライン生産ではなく、セル生産方式を採用している。各自のセル作業台には、障がいの状況をサポートするための様々な設備や治具が設置され、身体的心理的負担の補完・軽減と作業の効率化の両立を実現しようとしている。

その他、工場全体には、バリアフリーの観点から、手すりや引き戸の設置、視覚障がい者のために色分けされた柱、聴覚障がい者のためのパトライトの設置、様々な高さに設置された洗面台、多様な広さのトイレの個室等、様々な設備が整えられている。セル作業場の安全確保のために、異常が生じれば速やかに現場責任者が認識できるように作業台に高さ制限が設けられている。また、作業者が作業状況を周囲に知らせることができるような電光表示(「作業中」「作業中止」「順調です」「頑張っています」などを切り替える)も設けられている。

サンアクアが本インターンシップを実施するようになった背景には、ひとりでも多くの若い世代の人たちに、障がい者と健常者が共に働け

る職場作りの必要性を感じてもらうため、というノーマライゼーションに関する啓発活動の意味合いが強い。

また、サンアクアは通常の工場と異なり、従業員のセル作業台は、障がい特性に応じて個別に調整されている。そのため、セル生産の生産性向上策について、一般的な解決策が当てはまらない場合が多い。もちろん、従業員ごとのムダとりや作業効率化に関する改善課題は継続的に見つけ出されている。だが、大学生による異なった視点からの提案も十分に有効ではないかと考えられた。また、大学生という外部者の提案が従業員にとっての刺激となることも期待されていたのである。

2.2 産学合同インターンシップ発足の経緯とねらい

もともと、本インターンシッププログラムは、障がい者と健常者が共に働ける職場作りに貢献できるエンジニアの育成を目指し、北九州市立大学の教員が、サンアクアに持ちかけ、有明工業高等専門学校の高専生および東京エレクトロン(株)の有志社員が参加することで、2012年に立ち上がったものである。

その後、毎年にもわたって、大学の夏季休業期間を中心に実施され、2015年で4回目となった。2年目以降は、九州女子大学や九州国際大学からも学生を受け入れ、生産工程の改善だけでなく、作業者の心理面への配慮やマネジメントの視点からも社内課題の改善に取り組むプログラムとなった。

本インターンシップの主要な課題は「セル作業台の改善」である。学生は生産現場を理解する中でセル作業台における課題を発見し、関係者や参加学生とともに解決策を構想し、実際に装置等を製作する。その後、そうした成果物を実際に実装し、効果を検証することが求められる。2012年当初には、どの作業台を改善するかについてはあらかじめ指定されたが、2013年度からは、参加学生自身が調査やヒアリングを行い、作業台を選定した。

本インターンシップの企業側のねらいは、前に述べたとおりである。大学側のねらいとしては、参加する大学生が、生産工程等の課題について、障がいを持つ従業員の方々とともに、解決策を検討することを重視している。

さらに言えば、本インターンシップは、当初は、工学系分野を学んでいる学生に対して、専門知識を活用したプログラムを提供することをねらいとしていた。だが、年を追うごとにこのねらいは少しずつ変化し、より一般的な知識を活用することが求められるようになってきており、必ずしも専門知識は求められなくなってきている。この点については後述したい。

また、本インターンシップにおいても、通常のインターンシップと同様に、従業員の方々の仕事に向けた姿勢や思い、喜びや難しさに触れることなど、職業観や仕事観についての学びを得ることも期待されている。

2.3 本インターンシッププログラムの設計

本インターンシップにおいては、大学から学生に呼びかけ、手を上げた希望者を選抜するところから始まる。そのうえで、選抜された大学生、高専生、企業の研修生などの混成チームを複数つくる。インターンシップのすべてのプロセスはこのチームを単位として実施される。

本インターンシップは、以下に述べる5つのプロセスに沿って実施される。参加学生は、このプロセスの中で主体的に問題発見を行い、改善を提案できることが期待されるのである。

①就業体験・情報収集

参加する学生は、まず、すべてのセルを観察する。そのうえでいくつかのセルに入り、従業員が取り組んでいる作業を体験する。作業員へのヒアリングを行い、作業内容やこれまで実施されてきた工夫やその理由など大まかに把握する。その際、作業員の視点に立って、課題発見につながるヒアリング調査を行うことが求められる。

②課題発見

どのセルの改善を進めるか、作業台のどの部分を改善するかを決定する。そのうえで、当該セルの作業工程上の困難、不具合などを洗い出す。作業台にどのような課題があるのか、どのような改善の可能性が埋もれているのかを発見する。これを繰り返す。

③解決策の構想

作業台の改善策について、チームで議論しながら、試作品作りを繰り返し、費用対効果等も算出しながら解決策を構想する。高専生が参加

した年は、CADによる設計図作成も行われ、本格的な製造器具を製作することが目指された。他方で、ホッチキスとてこを組み合わせた簡単な装置を提案した年もある。

④解決策の提案

インターンシップの最終日には、改善提案についてのプレゼンテーションを行う。費用対効果も示しながら改善策を提案し、工場の経営陣や管理担当者を説得できるかがポイントになる。

⑤解決策の実装

最終プレゼンの後に、高専生が中心になり、実際に器具の作成を行い、それを納品した年もある。比較的簡単な解決策の年の場合、プレゼン時点ですでに解決策は実装されていたこともある。いずれにせよ、本インターンシップにおいては、学生チームが構想した解決策が製造ラインに実際に採用され、結果がシビアに検証されるという点に特徴がある。その意味で、本インターンシップにおいて与えられる課題は、まさに「真正の課題」である。

2. 4 各年の概要

本インターンシップは4年間にわたって続けられ、その間、様々な試行錯誤が行われてきた。参加する大学等も毎年変化が見られたうえ、プロセスや解決のアプローチについても毎年変化がある。

Table.2 は、2012～2015年の4年間のインターンシッププログラムの概要を整理したものである。各年の成果や課題については後述する。

3. 学生の成長を促すインターンシッププログラム

インターンシップは、一義的には学生の教育のためにある。したがって、プログラム全体は、まずは、学生が「何をどのように（どのようなプロセスで）学び、身につけるか」という観点から設計されなくてはならない。同時に、プログラムは企業のニーズに沿う必要もある。本インターンシップにおいては、両者のニーズを両立させるうえで、事前事後の研修を含めて、以下のように設計されている。

3. 1 研修前（プログラム設計時）

①企業の要望を理解する

前述したとおり、企業と大学の双方の方針が

バランスよく盛り込まれたプログラムを設計することが不可欠である。企業は現場を提供することにより、多大なコストを負うことになる。このことに十分に配慮し、企業側の意向や要望を大学側が十分に理解する必要がある。本インターンシップにおいても、当初は、企業のニーズは作業効率の向上を本当に実現できる解決策を提示することにあると大学側は受け取っていた。そこで、大学側は、学生を持つ工学系の専門知識（従業員は持たず学生は持っているもの）を最大限活用することを目指したプログラム設計を行っていた。だが、4年目になってはじめて、企業は、学生側の提案を従業員が受け止め、従業員自身がより積極的に改善策を提案するようになることを望んでいたことが明らかになった。このように企業のニーズも深く掘り下げた理解が必要である。この点については、後に詳細を述べたい。

②現場での経験を学びに活かす

本インターンシップにおいて、学生は大学で学んだ知識を活用する場が与えられるだけではない。企業の現場には、学生が将来社会で働くうえで有用な気付きにつながる機会が山のように存在している。だがそれは、教室での学びと異なり、大学側が事前に設定できるわけではない。したがって、大学側は、企業の現場のどの部分にどのような学習要素が埋め込まれているのかを、ヒアリングや直接的な観察によって、ある程度把握しておく必要がある。

そうすれば、例えば、作業者の仕事にかけるプライドや仕事を通じた成長に関する持論、経営陣のバリアフリーやノーマライゼーションにかける思いや、冷徹に費用対効果にこだわる意味など、学生に学び取ってほしいことがたくさん出てくる。そうしたポイントに「気づかせる」ための仕掛けをプログラムにあらかじめ埋め込む必要がある。

こうしたことは、企業側に負担にならないように配慮する必要がある。もちろん、インターンシップ中にも、教員がオブザーバーとして参加しながら、新たなポイントに気づくことは多々ある。その場合には柔軟に「現場合わせ」によってプログラムの修正を加えていくべきである。

Table.2 4年間のインターンシッププログラムの概要

	期間	参加学生	インターンシップ流れ	ファシリテーター
2012年	8月20日-9月5日 (うち8日間)	北九州市立大学国際環境工学部3名 有明工業高等専門学校3名	1.ヒアリング (課題発見) 2.改善プロジェクトの立ち上げ 設計図面の作成 3.工作と実装 4.プレゼンテーション 5.学習成果発表会	参加学生所属校の 教員を中心に4名
2013年	8月19日-8月30日 (うち10日間)	北九州市立大学国際環境工学部2名 有明工業高等専門学校1名 北九州工業高等専門学校1名 北九州市立大学地域創成学群地域福祉コース2名	1.ヒアリング (課題発見) 2.改善プロジェクトの立ち上げ 3.設計図面の作成 4.工作と実装 5.プレゼンテーション 6.学習成果発表会	参加学生所属校の 教員を中心に6名
2014年	8月10日-翌年3月まで	九州女子大学人間科学部3名 九州女子短期大学子ども健康学科1名 北九州市立大学国際環境工学部2名	1.対象セルの実作業体験 (手伝い) 12時間 2.ヒアリング (課題発見) 3.改善プロジェクトの立ち上げ 4.設計図面の作成 5.工作と実装 6.改善のメンタルへの影響と投資回収計算の見積の算定 7.プレゼンテーション 8.学習成果発表会	参加学生所属校の 教員を中心に5名
2015年	8月23日-9月4日 (うち11日間)	九州女子大学人間科学部3名 北九州市立大学国際環境工学部3名 九州国際大学法学部1名	1.チームづくり研修 2.対象セルの実作業体験 (手伝い) 3.ヒアリング (課題発見) 4.課題が生じている原因を究明 5.改善策の提示 6.プレゼンテーション 7.学習成果発表会	参加学生所属校の 教員を中心に5名

Table.3 各年で扱った課題と解決策, および解決策に対する企業からの評価

	具体的な課題案	成果物	解決策に対する評価
2012年	1.社内日常教務の効率化 2.新型シャワー組立の生産性の向上 3.パブルシートパッキン挿入改善	1.パブルシートパッキン作業台の改善 (プレス機及び電動ドライバーの改良) 2.聴覚障害者の会議参加システムの提案	・二つの工程を1つにまとめた点は即採用できるものだった ・会議方法については, 実際に試してみたが実用には至らなかった
2013年	1.フラッシュバルブ用押し棒ユニット組立工程の改善 2.送り座パッキング工程の改善	1.パッキング作業台の改善案の提案 (シーラーかしね治具の改造)	完成に至らなかったため, 評価なし
2014年	1.フラッシュバルブ用押し棒ユニット組立工程の改善 2.送り座パッキング工程の改善	1.パッキング作業台の全面的改善 (溶着工程における検品作業の効率化/作業場デザインの改善) 2.改善による作業時間短縮調査 3.改善後の損益グラフの作成	完成に至らなかったため, 評価なし
2015年	1.落下部品の回収用具の開発 2.パッキング作業台の改善	1.ゲルを用いた回収用具の開発 2.袋詰めおよび封入工程の簡易化	・試作段階からその有用性ははっきりと確認され, 成果物は現場で利用している。低コストで開発できる点が高く評価できる。袋詰めおよび封入のための治具は, 簡素な改造により大幅に作業効率を改善した。 ・落下部品の回収用具は, 座ったままほとんど身体を動かさず必要なく周囲の落下部品を回収できるため, たいへん重宝している。

3. 2 研修中

①研修早期のチームビルディング

研修中に重要なことは、学生と企業の一体感を醸成することである。課題解決型インターンシップにおいても、学生が企業にとって外部者であっては成果は望めない。

だが、この点は、企業側も遠慮しがちであることが多いため、あらかじめ企業に対しては、学生をチームの一員として迎え入れる姿勢で望んで欲しいことを理解してもらう必要がある。また、学生に対して、企業の懐に飛び込んでいくような姿勢が重要であることを理解させるべきである。

この点については、インターンシップが始まってみないとわからない部分もあるため、開始時は、大学側がその場にいた方がよいこともある。例えば、アイスブレイクのためのアクティビティを提案するなど、大学側が積極的に関与した方がよい時もある。

②大学側の役割

こうした産学連携体制の中でのインターンシップにおいては、しばしば、大学側からファシリテーターやコーディネーターが参加し、現場に顔を出すことが多い。コーディネーターが学生を取りまとめ、学生をリードすることが期待されることもある。だが、4年間の取組を通じて、そうしたアプローチは間違いであると断言できる。

インターンシップは、学生の“主体的”な参加が前提となる。課題解決型インターンシップにおいても、大学側は学生と企業の間に入って介入すべきではない。企業と大学が協力して授業を実施するコーオプ教育や、企業からの受託研究と混同してはいけないのである。

たとえ、学生が企業への要望や不満を大学側に寄せてきたとしても、大学が学生の意見を企業にむけて代弁すべきではない。また、企業が大学側に同じことをしても、学生に対して大学側が介入すべきでもない。そのようなことをコーディネーターが行ってしまえば、企業も学生もコーディネーターに依存する構図が生まれてしまう。

重要なのは、学生たちが何事も自分たちで進めることである。作業の進捗報告や相談は、学生本人から企業に対して（大学側を挟まずに）

行うべきである。その繰り返しの中で、企業と学生がお互いに率直に意見をぶつけ合えるような関係が生まれてくる。課題解決のプロセスは、学生グループと企業側担当者等が十分な意思疎通を行いながら進められなければならない。

大学側は、インターンシップの裏側で、学生の動きや進め方等について企業側の相談や希望に対して、「事前」に対応し、プログラム設計の中で、そうしたニーズを盛り込むべきである。インターンシップ中に、「現場合わせ」的な運用は必要になる場合もあるが、その際にも、大学側は企業と学生の間に入るべきではない。

3. 3 研修後

①リフレクション

インターンシップという「経験」を通じて学生が「成長」するためには、インターンシップの経験だけでは十分ではない。研修後に、総括的なリフレクション（内省）を行うことが重要である。

その際には、まずは、学生自身が記述した業務日誌や企業担当者の所見などをもとに、プロセス全体をふりかえることから始める。そのためにも、インターンシップのプロセスを時系列的にふりかえることができる資料をきちんと用意しておくことが求められる。

つぎに、ふりかえりをもとに、自分が得た教訓や、自身の価値観、他者からみた気づきなどをキーワードの形で明らかにしていく。その上で、インターンシップという「経験」をどのように今後の大学の教室内での学習計画に生かしていくのか、就職活動の動機付けや目標設定につなげていくのかという、将来の指針づくりへとつなげていくのである。

②学修評価

インターンシップにおいて、学修評価を組み込むことは、プログラムの質的向上をめざすためだけでなく、学生の成長を可視化するためも不可欠である。評価の対象は、インターンシップを通じて生み出された成果物と学生自身の経験の2つになる。前者は企業担当者による直接評価として行われる。後者はリフレクションを踏まえた後に自己評価として行われる。

自己評価は、あらかじめ設定されたインターンシップの達成目標に対して、どこまで達成で

きたかを学生自身が評価することである。その形式としては、チェックシートでもルーブリックでもどちらでもよいが、両者を併用するのが最もよいといえる。その理由については詳細を述べる余裕がないが、評価の信頼性、妥当性、実行可能性のバランスを考えてのことである。

4. 本インターンシップに関する分析

4. 1 概要と問題設定

本インターンシップを通じて得られた学生の成長に関しては、本稿で詳述する余裕はないが、毎年目覚ましい成果が得られたとあってよい。他方、学生が製作した装置の質については、年ごとに差が現れた。各年で扱った課題と解決策、および解決策に対する企業からの評価を年度ごとに整理した (Table.3)。

ここでは、サンアクアからの評価にポイントを絞ってまとめてみよう。

2012年と2015年は、アプローチは全く正反対であった。2012年は、工学系の学生と高専生のチームが設計図面を作成したうえで、製作装置を開発した。他方、2015年は、特に女子大の学生が中心となり、簡単な工夫による提案を行った。だが、この2年はいずれも企業から高く評価された年である。

他方で、2013年は工学系の学生と高専生を中心としたチームであり、2014年は女子大の学生を加えたチームであった。それぞれ2012年と2015年のチーム編成に近い。それにも関わらずこの2年間はプレゼンテーションによって解決策の提案は行ったものの、最終的に成果物の製作や実装に至らなかったという結果に終わった。企業側からは、「評価しようがない」という評価しかもらえなかったのである。

2012年の立ち上がりの年に大きな成果をもたらした本インターンシップはなぜ翌年から2年間続けて失敗に終わったのか。2012年・2015年や、2013年・2014年の間に共通点は存在するのか？ 両者の間に相違点はあるのか？

もちろん、インターンシップに参加する学生のモチベーションやスキルの高さ、あるいは扱った課題の難易度によって、成果物の質が変わることは十分考えられる。その意味では、課題解決型インターンシップとは、偶然性に左右される要素も大きい。

ただし、我々の観察によれば、学生が提示す

る解決策や成果物の質については、大学側が設計するプログラムの内容によってかなり異なってくるのではないと思われる。その観点から、各年における、「情報収集の取り組み方」「課題発見における取り組み方」「解決案の策定・実行」「研修生と企業との関わり方」の4点について Table.4 にまとめた。

以下に、具体的にポイントを示してみよう。

4. 2 課題解決策の質を左右するインターンシップのポイント

①「現場に入り込む」ことの重要性

最初に指摘できるのは、学生が「現場に入り込んで」いたかどうかである。学生たちが会議室にこもらず、頻繁に作業現場に足を運んだかどうかによって、情報収集や課題発見の質が左右されたといえる。これは、ファシリテーターの事前指導や、大学が行った事前研修が学生の行動に影響を与えた。そして、学生が生産現場を繰り返し観察し、生産現場から業務改善について学ぶ姿勢を発揮しえたかどうか、成果物に影響を与えていた。これは、学生と従業員の間での協働を左右する要因でもあった。

2012年や2015年は、学生たちがセル作業場に頻繁に足を運び、ヒアリングを繰り返した年である。その結果、学生はセル作業者に受け入れられていた。作業員も学生が投げかける質問によって、普段であれば考えの及ばないレベルの深い発見を行い、それを学生に提供することを通じて、ますます協力的になっていったというサイクルが生まれていた。

このようなプロセスが生じた結果、学生が解決案を示した際にも、セル作業員はこれを自分事として積極的に受け止め、一緒になって調整にあたってくれていた。

他方、失敗に終わった年は、学生がセル作業員とのコミュニケーションよりも、自分たちのチーム内の議論を重視した年でもあった。仲間内で延々と議論し続ける一方で、セル作業員は学生たちが何を考えているのかを把握できず、その結果、協働の姿勢は生まれようがなかった。

課題解決型インターンシップもインターンシップである以上、参加期間は企業のメンバーとしての意識を持つことが重要である。学生と企業の両者が一体となって解決に取り組むという体制づくりが不可欠なのである。

②「現場から学ぶ」姿勢の重要性

次に、学生が「現場から学ぶ」という姿勢を早期に形成することが重要である。インターンシップとは、仕事を通じた学び方・成長の仕方を学ぶというねらいが必ず含まれるはずである。仕事を通じた学び方とは、まさに「現場から学ぶ」姿勢のことであるといえるだろう。

だが、「課題解決型」インターンシップにおいては、しばしば、学生が「解決してあげる」という上から目線的な態度になってしまうことがある。このような態度に陥ると、情報収集や課題発見が甘くなる。ヒアリングがおろそかになり、現場にフィットした解決策を見つけるという考えが失われ、独りよがりの解決策の提示に陥りやすい。

2012年と2015年においては、学生チームは現場をしっかりと観察し、現場の従業員に対してじっくりとヒアリングができていたように思われる。ところが、2013年と2014年において

は、「課題を発見する」プロセスと「課題解決策を構想する」プロセスにおいて、現場の声に耳を傾けようとせず、自分たちだけで会議室にこもり、ブレインストーミングやKJ法などを繰り返して議論していた。

学生たちがそうなのは、我々教員が、インターンシップの事前研修として、そうしたワークショップ型の研修を実施したからだと思われる。2012年はそうした事前研修を行っていない。2015年は、そうしたことに気づき、事前研修の内容を変更したのである。

ここでは、知識を元にした解決策を構想するといういわば「リテラシー型課題解決」と、現場の中で試行錯誤を繰り返し、多様な他者との協働を通じて課題を解決するという「コンピテンシー型課題解決」という、2つの異なる課題解決アプローチがあることがわかる。両者をきちんと切り分け、学生がどの局面でどういう課題解決能力を発揮すればよいか判断できる力をあらかじめ育成しておくべきであろう。

Table.4 各年における、「情報収集の取り組み方」「課題発見における取り組み方」「解決案の策定・実行」「研修生と企業との関わり方」

	情報収集における取り組み方	課題発見における取り組み方	解決案の策定・実行	学生と企業との関わり方
2012年 2015年	<ul style="list-style-type: none"> 学生たちは現場によくでていた。 現場に繰り返しでていくため、ヒアリングに対する積極性が養われた。 学生は疑問が生じたときに、納得できるまで繰り返しヒアリングを行う環境にあった。 学生間に意見の対立があるほど、積極的にヒアリングが行われた。 セル作業員たちは、繰り返しヒアリングを受けることで、より本質的な情報提供を行うことができた 	<ul style="list-style-type: none"> 予め課題発見すべき範囲を制限した(2012年)。 ヒアリングから得られた情報から提案を導き、作業員に繰り返し提案した。 何度も作業からフィードバックを収集しながら、課題を練り直した。 ヒアリングによる情報収集が綿密に遂行されたため、発見された課題が、セル作業員のニーズにフィットしていた。 セル作業員がヒアリングを繰り返し受け、学生の議論の流れに参加していたため、提案の意図を理解しやすかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 学生が大学で培った技能の範囲内で解決可能な目標を立てた 大学で学んだ基礎的な技能のうち、応用可能な範囲の技能を用いて解決可能な目標を立てた 専門性の高い課題を設定したが、参加学生の専門性が高度であったため対応できた(2012年)。 	<ul style="list-style-type: none"> 学生が企業と気兼ねなく、ディスカッションできた。 責任者の同意を取りやすい雰囲気が出ていた。 学生間に意見の対立があったときは、企業がうまく方針を伝えて対立を解消した。 企業と学生があまり互いの前提を持ち込まず、相手の意見やアイデアを互いに尊重し合っていた。
2013年 2014年	<ul style="list-style-type: none"> 学生たちが現場にヒアリングに出かける回数がすくなくかった。 ヒアリング内容を共有しなかった。 他者の意見からヒアリング内容を深める作業を行わなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 参加学生たちが、会議室にこもってのブレインストーミングを繰り返した。 ヒアリング結果の共有やグループでの考察が不十分であったため、個人がヒアリングした内容のみに基づいた、主観的で一面的な課題の定立作業となった。 	<ul style="list-style-type: none"> 学生が大学で培った技能を超えた目標を立てた。 大学で基礎的な技能を学んでいるが、応用するには至らない技能を必要とする目標を立てた。 学生間の専門知識・専門技能の水準に個人差が生じたため、一部特定の学生技能の範囲を超えた作業が生じてしまった。 	<ul style="list-style-type: none"> セル作業員とのディスカッションが希薄だった。 企業との連携が希薄となった。 企業と学生が協力的でないため、プロセスが合意のないまま進んでしまった。

③専門知識に過度に依存しない解決策の重要性

2012年においては、その後、国公立大学の大学院に進学した優秀な学生と、スキルの高い高専生に恵まれ、大きな成果をもたらす装置を本確定に製作することができた。

その影響もあり、2013年以降は、本インターンシップでは、工学的知識を活用することを重視するようになってしまっていた。その結果、2013年には大規模な器具の改善を追求し、設計・工作・実装を何度も繰り返したが、結果的にその器具が利用されることはなかった。器具が大型化した割に、効率性が高まらなかったためである。

2014年も同様であった。「器具や装置の製作」をゴールとしたため、学生たちは工学科目で学んだ知識を活用して装置を製作しようとしたが、実際にそのような能力があったわけではなく、失敗に終わったのである。

2015年は、以上の反省から、器具や装置を製作するプロセスを省いた。専門知識に頼らずにすむ初歩的な改善策を考えるようにしたのである。すると、学生たちはホッチキスを組み合わせる器具を思いついた。そして、この解決策は実際に大幅に作業効率を改善したのである。

これは「テクノロジーの罨」の問題である。専門知識に引きずられると、しばしば視点や発想が固定化し、むしろ柔軟な解決策を考えられなくなるという問題である。現場での解決策を考える上では、汎用的技能の有用性は意外と高い。専門知識を学び、工学系のスキルを持った学生でなければセルの改善はできないと思い込んでいたのは、我々教員の方だったのかもしれない。

5. まとめ

以上、本インターンシップの成否を左右したポイントとして、『現場に入り込む』ことの重要性、『現場から学ぶ』姿勢の重要性、「専門知識に過度に依存しない解決策の重要性」の3点を指摘した。これらはいずれも課題解決型インターンシップを実施する際に陥りがちなポイントであろうと思われる。

大学教員は、現場を外部から分析する訓練を受けている。また、シンプルな因果関係をもとにした仮説構築こそがエレガントな課題解決だと考えている。さらには、専門知識を活用する

ことこそ、社会に対して貢献できる方法だと思っている。それは確かに、受託研究や産学連携活動などにおいては当てはまるだろう。だが、インターンシップという学生を社会人として育成するための教育プログラムにおいては、大学教員の固定観念がインターンシップの成果を損なってしまうおそれがあることに注意しなくてはならないと思われる。

そうした専門教育の陥穽に陥らないためには、次の3つが必要だと思われる。一つは、インターンシップにおいては、受け入れ企業の現場を重視するという「現場中心主義」である。

二つめは、学生の能力に合わせた課題目標を設定するという「学習者中心主義」である。例えば、知識ストックと経験が充分でない学生に対して、「地域の課題を解決する」方法を考えさせる研修は適当だとはいえない。また、前述したとおり、インターンシップで活用する知識は、学部で学ぶ専門知識に限定するべきではない。そうした制約は、むしろ、学生が現場から学ぶ姿勢を奪ってしまうおそれすらある。

三つめは「当事者中心主義」である。インターンシップ現場は、学生と企業である。学生を企業側にメンバーとして受け入れてもらうプロセスや仕組みを必ずプログラムに含めることは重要である。また、大学側は、企業に任せきりでもなく、教員が企業の現場に入り過ぎることもなく、適切な距離感を保ってプログラム設計と運用を進めなければならない。

最後に学習理論の視点から付言するとすれば、サンクアでのインターンシップは批判的学習モデル(Reynolds, 1997)²⁾にもとづいた教育プログラムだといえるだろう。つまり、何が課題であるかを教育者が決めるのではなく、これを見極めること自体が学生が果たすべき課題の一つとなる教育プログラムのことである。ただし、これは学生だけでは成立しない。企業担当者と学生の相互作用の中で、学生が社会の現場から、そしてその現場にいる人々から「気付かされた」結果、そして、学生自身が自らの経験を内省することを通じて、はじめて可能になる。それがインターンシップの独自性と意義だといえるのではなかろうか。

課題解決型インターンシップは、大学生に対し、大学での学び（「教えるー学ぶ」）から社会

人の学び(他集団の一員となって現場から学ぶ)への転換(トランジション)を促すという大きな意義がある。

それでは、受け入れ企業に対しては、学生と協働するメリットはどこにあるのだろうか? また、我々は、様々な企業や組織において課題解決型インターンシップを試行してきたが、その中でも、サンアクアという重度障がい者を雇用する企業におけるインターンシップをとりわけ重視してきた意味はどこにあるのだろうか? この点に関して、引き続き検討することとした。

謝辞

インターンシッププログラムを受け入れてくださり、学生教育に尽力くださっているサンアクア TOTO(株)関係者諸氏に心より感謝申し上げます。

文献

- 1)川喜田 二郎(1967) 発想法-創造性開発のために, 中公新書
- 2)Reynolds, M. (1997): Toward a Critical Management Pedagogy, In Burgoyne, J. and Reynolds, M. (Eds.), Management Learning: Integrating Perspectives in Theory and Practice, Sage, London, pp.312-328.

(原稿受付 2015年 12月)

内蒙古大学日本語学部の初級段階読解コースについての実態調査 —二年生の「総合日本語」科目を中心に

包 阿荣
内蒙古大学外国語学院

Analysis of the Current Situation in Teaching the Reading and Comprehension Courses on the Elementary Stages of Japanese Major of Inner Mongolia University

Arong BAO

Abstract

Abstract: In recent years, a higher demand for the talents majoring in Japanese has been set as a result of the constantly changing international and domestic environment. In addition, the cross-cultural communicative competency has become a new goal for training students. Does the current teaching mode conform to the new tendency for training the students majoring in Japanese? In this thesis, the author utilizes the method of Flint teaching analysis and scientifically analyzes the course of Comprehensive Japanese for the second-year undergraduate students of Inner Mongolia University, aiming to acknowledging the current situation of teaching, helping teachers to find out the problems existing in their teaching and correct them.

Keywords: Japanese major; Foreign language interaction analysis, teaching mode

はじめに

ここ二三年、中国の日本語専攻の学習者数が大幅に減り始まっている。それは中日関係が氷期に入ったことや中国の人件費などコストの増加に伴い、中国にあった日本の工場の東南アジアへの移転など理由が考えられる。その中、内モンゴル大学の日本語学科も厳しい局面に迫られている。新入生数は前の100人程度から2015年の58人に減少した。その上、2年生の他専門への変更申請も年々増加している。そういう状況を横目でにらみながら、教育現場の教師として日本語の言語力の面でも、コミュニケーション能力の面でも競争力を持った卒業者を養成するように専念しなければならないと思う。日本語教育者として自分の授業の実態を分析し、授業改善に工夫することが求められる。

本論は、内モンゴル大学の日本語学部二年生の三つのクラスの読解授業を参観し、それに基づいたデータを分析し、教育現場の授業の実態

を考察したものであり、その授業分析と評価によって、これまで見えたことがなかった授業展開中の問題点を発見し、授業改善の方策を検討してみたものである。

外国語の授業分析理論は1950年代のアメリカから発足し、その開拓者はCarroll and Sapon (1959)と言える。授業分析理論として、主にFIAC (1970)と呼ばれるFlandersが提唱した教師と学習者の相互作用を分析したFlanders' Interaction Analysis Categoriesがある。1971年にMoskowitz (1971)がそれを外国語教育に応用し、Flintと呼ばれるForeign language interaction analysisを提案した。そのあと、1980年代にはSpada (1995)らがCOLTと呼ばれる第二言語教育が習得との関係を調べるCommunicative Orientation of Language Teachingなどが提案された¹⁾²⁾³⁾。本論では、Flintに基づいて、授業を分析し、考察した。

1. 方法と内容

2015年3月に内蒙古大学日本語学部2年生の「総合日本語」という授業を参観し、3人の中国人教師の50分の授業の実態を観察しながらビデオで撮影した。そのあと、ビデオの録画を3秒ごとに教師と学生の行動を記録し、各カテゴリが授業中の全行動に占める割合や母語と外国語使用の割合を計算する。そのデータを実際の講義で観察した内容と結合して、授業の分析を展開する。具体的には次の表-1を利用して授業を記録し、分析した。

表-1 教師と学習者の相互作用分析³⁾

範 疇
教師の行動
1. 学習者のさまざまな感情に受容的に対処する。
2. 褒めたり励ましたりする。
2a. 冗談を言って学習者の気持ちをほぐす。
3. 学習者の考えを明確にしたり、要約したりして、活用する。
3a. 学習者の応答をそのまま繰り返す。
4. 質問する。
4 a. 文化的側面について質問する。
5. 説明、講義などの情報を与える。
5 a. 学習者の誤りを批判することもなく訂正する。
5b. 文化的側面の説明をする。
5c. 発音・文型などモデルを与える。
5d. 予告、基準を与えて、次に何をやるか方向付けをする。
5e. 日常の決まり切ったこと（出席点呼など）をする。
6. 指示などを与える。
6a. パタン・プラクティスの指示を与える。
7. 学習者の行動を批判する。
7a. 学習者の応答を批判する。
学習者の行動
8. 型にはまった応答。
8a. クラスまたはグループで一斉に応答。
8b. 音読
9. 自分で考え、工夫して応答し、あるいは自ら進んで発言する。
9a. 授業に直接関係のない発言、行動。
10. 沈黙
11. 授業に直結した混乱。熱心のあまり、学習者が一斉に発言したりする。
12. 笑い
特別記号
c. 学習者あるいは教師による中国語の使用。上の1～9aと組み合わせて用いる。
m. 学習者あるいは教師によるモンゴル語の使用。上の1～9a

と組み合わせて用いる。

n. 言葉を用いない教師あるいは学習者の行動を示し、上の1～9aと組み合わせて用いる。

0 a n. 教師の板書。

10 n. 学習者が静かに教師の指示を従い、課題に取り組む

2. 結果と考察

まず項目別発言回数の集計を提示する。教師別の結果は次の表-2に示す。

表-2 項目別発言回数の集計

項目	教師 A	教師 B	教師 C	平均
1.	9	8	14	8.0
2.	0	30	11	10.8
2a.	0	10	0	3.3
3.	0	53	92	37.0
3a.	0	39	5	14.7
4.	0	120	103	56.8
4 a.	0	0	0	0.0
4b	0	0	0	0.0
5.	293	258	272	207.0
5 a.	0	12	9	7.0
5b.	0	0	0	0.0
5c.	0	0	0	0.0
5d.	0	43	16	19.7
5e.	0	7	1	2.7
6.	10	22	54	23.0
6 a.	0	1	0	0.3
7.	0	3	0	2.5
7a.	0	0	0	0.0
8.	0	39	253	75.0
8a.	34	71	60	55.0
8b.	310	0	39	116.3
9.	300	181	13	125.8
9a.	0	3	0	1.0
10.	23	42	30	26.3
11.	0	0	0	2.8
12.	0	15	2	7.3
0 a n	101	38	0	46.3
10 n.	57	45	28	43.3
合計	1137	1040	1002	1059.7

3.1 教師 A の授業に対する分析

まずグラフから、教師 A の授業を考察してみる。一番高い数値は「音読」という項目であり、その次は9番であり、授業中、学生が朗読した日本語の文章を中国語に訳す作業である。3番目は教師による文法や言葉の意味の解釈など講義の内容である。ということは、教師主導の伝統的な文法翻訳法を採用された授業と言えよう。

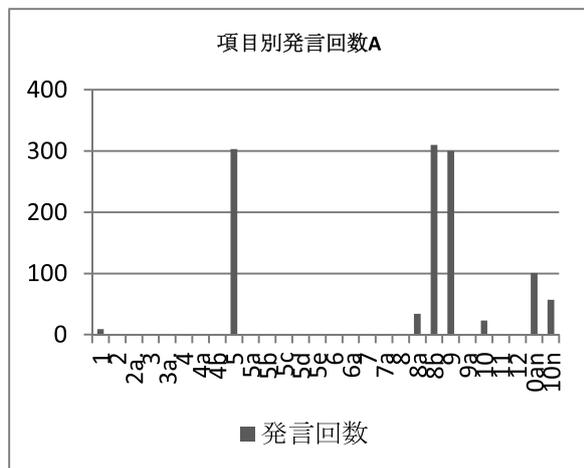


図-1 項目別発言回数 A

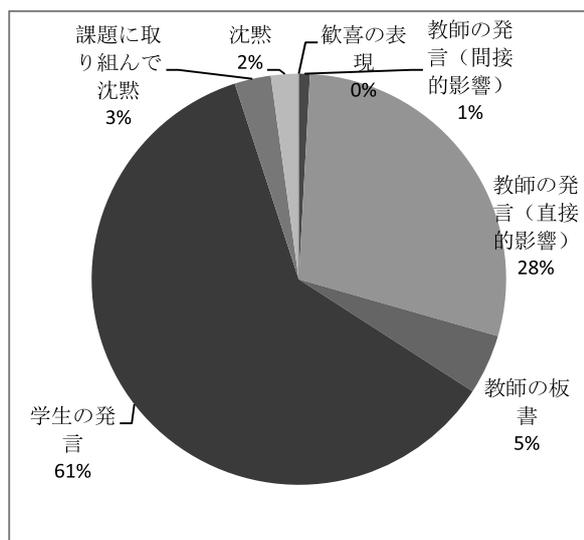


図-2 教師と学生の発言の比率 A

教師 A の授業の目立つところは数値のゼロになった項目の多数存在することである。それは授業中学生とのコミュニケーションが欠乏していると思われる。そして、あまり学生を賞賛しないことも問題視すべきであろう。

図-2 は学生の教師の発言の比率を示されたものである。上にも述べたように学生の発言が多いように見えるが、教室の中では、それはただ教師の指示によって、文章を朗読したり、翻訳したりする行為を示したものであるから、評価的結論になりえないと思われる。教師の発言

の分類から見れば、直接的な講義が多すぎたのも無視できない大きな問題である。

次は、日本語と媒介語となった中国語の使用比率である。

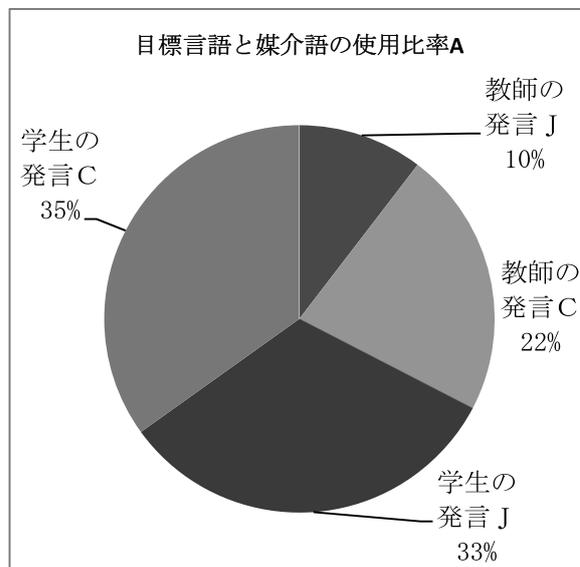


図-3 日本語と媒介語の使用比率 A

教師と学生に問わず中国語で発言されていることが分かった。それは外国語の授業としてあり得ないことであろう。

3.2 教師 B の授業に対する分析

教師 B の授業の項目別発言数を図-4 に示す。

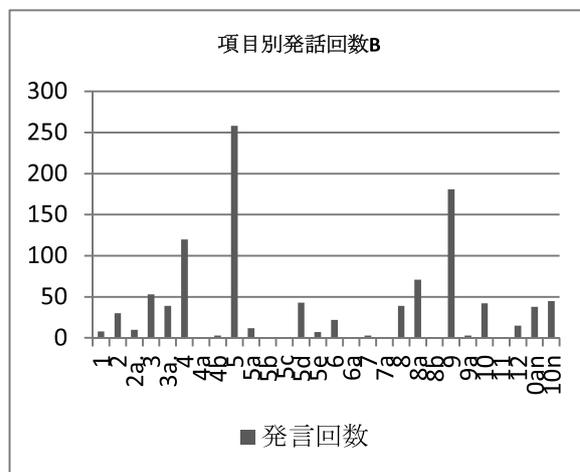


図-4 項目別発言回数 B

その中、一番高い数値は「教師の説明、講義など情報を与える」という項目である。その次は9番であり、実の講義中、学生は授業中文法の用法などについて、自分でまとめた内容を発表したり、日本語の文章を中国語に訳したり、文章の内容に関わる映画を鑑賞したあとの感想を発表したりなど行為である。これら行動を示された数値が高いことは評価的といえよう。3番目は教師の質問である。質問という間接的な

形で学生と相互に情報交換をしていることが分かった。そして、冗談を言ったりいてやわらかい雰囲気を作る意識を持っていると思われる。

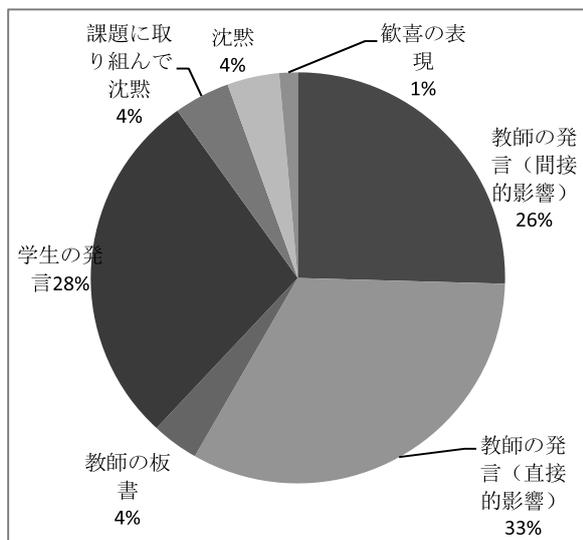


図-5 教師と学生の発言の比率 B

図-5から教師の発言中、間接的影響が他の2人より多数に見える。ただし、教師の発言の総数が圧倒的に多いことも問題になると思う。

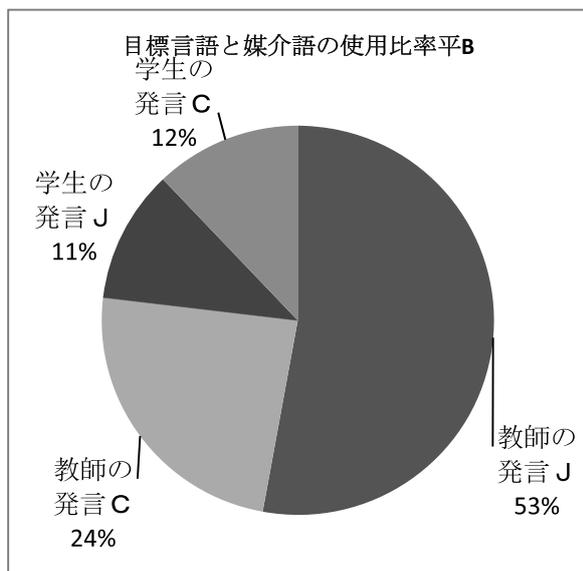


図-6 目標言語と媒介語の使用比率 B

図-6は日本語と媒介語の使用状況を調べたものである。授業参観に来た他人がいるため、できるだけ日本語の使用を多めにさせたことは想像できるが、それにしても、教師発言の半分ぐらいは中国語によって発されていることは問題として重要視すべきだと思われる。

3.3 教師 C の授業に対する分析

教師 C の授業実態を図表によって分析してみる。まずは図-7を考察してみる。

図7では、一番高い数値は教師の説明と講義を示されている5番である。

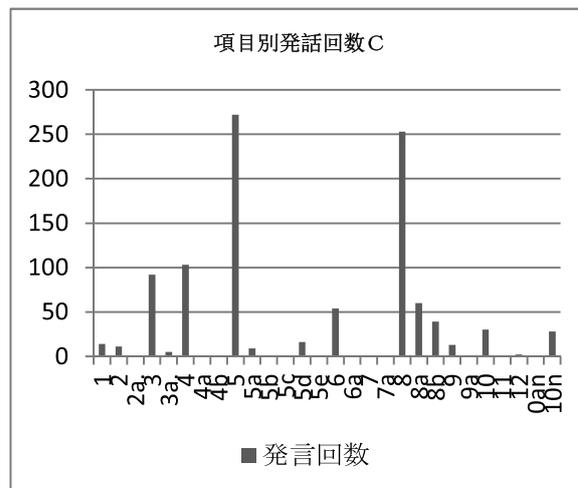


図-7 項目別発言回数 C

その次になるのは8番であり、現場では学生が暗誦した内容を発表するという形にはまった行為を行っている。その二つの数値から、教師 C も教師主導の授業のやり方をしていることもはっきりになった。そして、教師と学生の交流は4の質問という形によって行っていることもわかった。3aの数値もやや高いが、教師が学習者の考えを明確したり、要約したりして、間接的な手法を採用しているところが評価的である。

次の図-8は、教師と学生の発言の分類を示したものである。

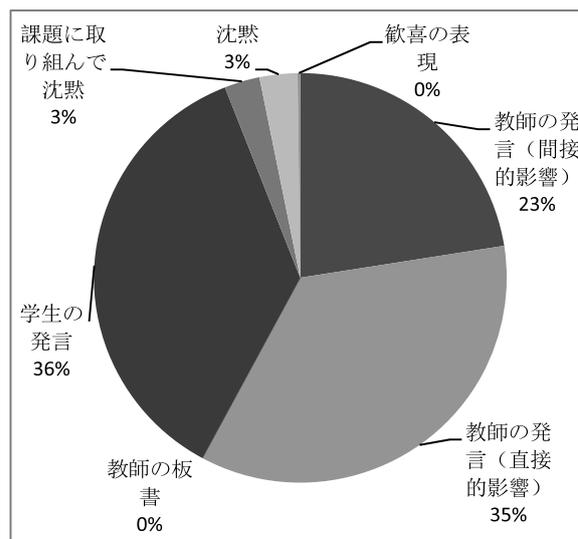


図-8 教師と学生の発言の比率 C

教師の発言の中、直接的なものが多数であることがはっきりになった。

図-8が示されたように、教師も学生もモン

ゴル語ネイティブなので、教室で中国語のほか
にモンゴル語も混ぜている。

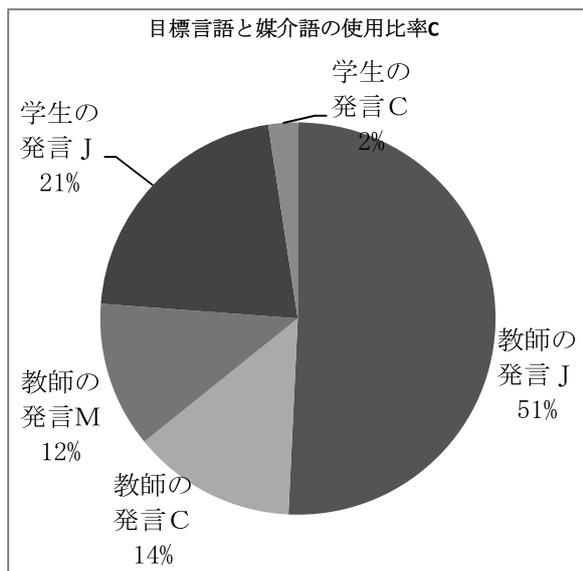


図-9 目標言語と媒介語の使用比率C

教師の発言数の中、日本語が多数であるが、
四分の一ぐらいは中国語で行っていることも気
になる。それは初級段階の読解能力の向上を目
指す授業では大量に媒介語を使用しているケー
スとも言えないが、直接法という初級クラスで
も媒介語の使用を回避することを提唱している
現在では、決して理想的結果になれないであろ
う。

3.4 平均値に対する分析

以上のように、教師別の授業分析をしてきた
が、平均値に対する考察は図-10～図-11によ
って、展開してみよう。

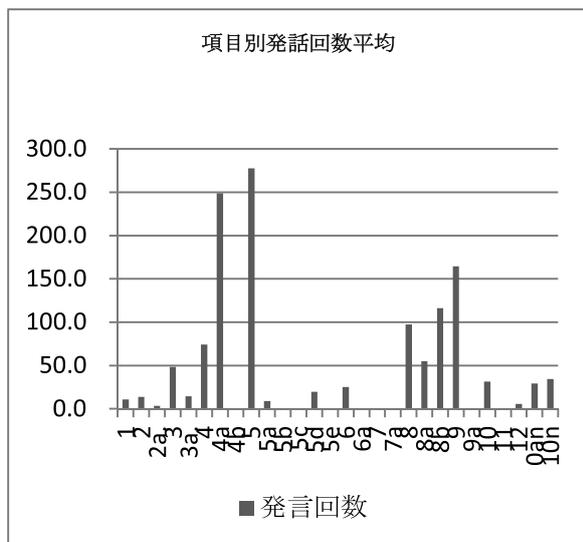


図-10 項目別発話回数平均

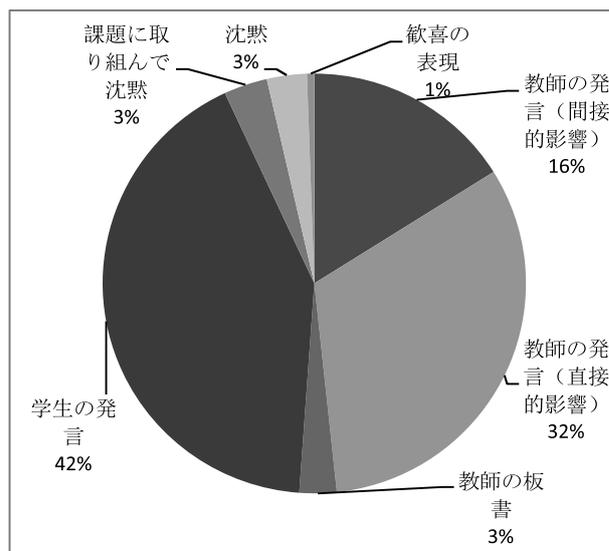


図-11 教師と学生の発言の比率平均

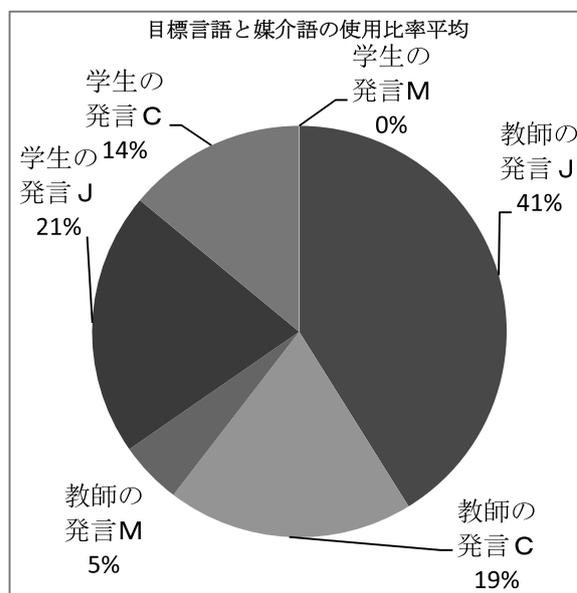


図-12 目標言語と媒介語の使用比率平均

全体から見ても、授業には教師の発言が多
すぎ、生徒の自発的な発言がほとんど見られ
ない一方通的な授業になっていたという結論
は変わらない。学生の発言の総量は一見に数
多く見えるが、実は、自分で考えて積極的
に発言した内容は大体は中国語で発言され
た内容であり、その中文章の内容を中国語に
訳すという内容も含まれているから、それら
事実を考えると楽観的には見られない。そ
れから、モスコヴィツの提唱された良い外国
語授業の特徴、つまり、学生を褒めたり、
励ましたりして、冗談などによって、暖か
い学習雰囲気を作って、学習者の学習意欲
を促進するという方式を示す項目の数値が
全体的に低いから、教育現場の教師として、

自ら反省しなければならないと思う。そして、教師の発言の分類から見ても、結果は同じく、直接的な手法を大量的に採用されていることも分かった。質問は主に教科書に載せてあるものであり、文化的な側面に関する質問は一つもなかった。それに、学生の発言に対する対応として、批評など最悪の行為は見られなかったが、教師の質問に学生が答え、その答えに対して、ただ繰り返したり、誤りを修正したりするだけで、学生に自発的な発言を促させるような対応が極めて少ないことも明らかとなった。さらに、日本語と媒介語の使用比率から見れば、媒介語の使用率は38%も達しているため、媒介語を大量に使用されているといえるであろう。その理由として、会話と聴解など科目に比べて、読解能力の向上を目的としたコースでは相変わらず文法翻訳法を実施されているところにあると思われる。

4. 授業改善への提案

このように、授業分析を行ったため、日本語初級段階の読解コースの問題点が明らかとなった。それら問題を解決するために次のことが考えられる。

- ①文法解釈と翻訳を中心とした教授法を放棄し、なるべく日本語を通して授業を行おうと工夫する必要がある。
- ②学生の自発的発言につながる授業をデザインするように取り組む。特に教師が学生の発言に対する対応に工夫するべきであろう。学生の実生活にかかわる話題の選択とか、若者の関心を引くような問題を提起するとか方法によって、学生が自ら意見を発表させる対応を熟練にマスターすべきである。
- ③教師の講義形式を改善し、できる限り間接的な方法を採用するように取り組む。説明・講義を少なくして、帰納法を採用し、教師が説明するより学生をやらせるほうがもっと効果的と思われる。そして、冗談などを通して気楽な学習雰囲気の中での講義形式も提唱されている。
- ④常に自ら授業分析を行い、自分の授業の全体を把握するように振り返ってみることも必要である。日本語の教師としてどんな授業を学習者に提供しているのかを自分の中で明確にしておかなければ、真の授業改善などは実施できないと思われる。一方、よりよい日本語の授業はどういう形になるべきかを詳しく知っておくべき

である。

⑤実は非ネイティブの日本語教師らは、日本語の学習者でありながら日本語の教授者としても携わっているといえる。だから、標準で自然な日本語が使用できるように生涯を通して学習すべきであると自覚しておかなければならない。そればかりでなく、日本の文化、政治、歴史、社会など幅広い知識を身につけるべきである。そして、学習者である心理を吟味し、学習者の立場に立って物を考える心を育てることに心がけておくべきであろう。

5. 終わりに

本論では、内蒙古大学日本語学部の二年生の「総合日本語」という読解能力を目指す授業を対象に、Flintという授業分析システムを通し、授業分析と観察を行った。

結果として、教師主導の一方的な教授法を採用されていること、教師の指導は直接的な手法が多数であること、文法翻訳法を採用されていること、媒介語を数多く使用されていること、受容・賞賛・冗談など教室の雰囲気を暖める形式が過少であること、教科書の内容にこだわり、文化的側面に触れる発言が欠乏であることなどあげられる。そして、それらの問題を解決するために、直接法を採用することなど方策を提議してみた。

しかし、今度の研究はただ三人の教師の授業を対象にして展開したもので、データ数が過少なため、全体の実態を紙上に再現することはできなかった。科目全般の分析をしてみないと客観的な結論が出せないであろう。それを今後の研究課題として続けようと思っている。

参考文献

- 1) 杉森幹彦、「外国語授業分析法の概観と英語授業評価基準」、『政策科学』, 18(3), 29-61, 2011 立命館大学。
- 2) 王曉慧、「中国における年少者日本語教育の現状と授業分析：東北部蒙古族学校の事例を中心に」、『信大言語教育』, 22, 1-10, 2013, 信州大学。
- 3) 縫部義憲、『[日本語授業学]入門—組み立て方、進め方、分析と診断—』, 144-145, 2002, 瀝々社。
- 4) 村野井仁、『第二言語習得研究から見た効果的な英語学習法・指導法』, 2006. 大修館書店

(原稿受付 2016年 1月)

日本語教授法の研究

——中国人留学生と日本人学生の協同学習——

荻原桂子・沙秀程

九州女子大学・九州共立大学

Japanese language teaching - Cooperative learning of Chinese students and Japanese students -
Keiko OGIHARA, Xiucheng SHA

Abstract

This paper is for Japanese teaching by discussion learning to be carried out cooperatively. With the text "hometown" of Chinese students and Japanese students reading, leaving the difference in reading due to different cultures. Collaborative learning of dialogue and paragraph Chinese students and Japanese students by writing, we think that is effective as a Japanese teaching methods in second language acquisition.

Keywords: *Active Learning, Cooperative Learning, Japanese expression techniques*

はじめに

九州女子大学には現在、短期留学生を含む18人の中国人留学生が在籍し、九州共立大学には140人の中国人留学生が在籍している。両大学では、中国人留学生への日本語教授法を充実させ日本語能力試験（JLPT）N1、N2に短期間で合格させるためのカリキュラムを考案している。オリジナルの日本語教育カリキュラム作成および日本人学生との相互学習を中心に実施することが効果的である。中国人留学生に対しては日本語能力試験N1、N2取得を目的とするだけでなく、日本文化へのアプローチを日本人学生とともに学習することで相互の異文化理解力を高めることができる。さらに、日本人学生に対しては日本語教育能力検定試験および中国語検定への指導を行い、相互学習で得た体験をもとに資格取得に挑戦することができる。本論は、中国人留学生と日本人学生が協同して実施する話し合い学習による日本語教授法について論究したものである。

学習言語能力は外国文化のなかで外国人と交わりながらでないと身につかない。この認知学習言語能力は、相手の文化への興味や実利があるほうが伸びやすい。自国で学んだ言語能力（音声・単語・文法）を基礎として、現地の外国人と交わることで談話能力を伸ばし、実際の文化に慣れることで社会言語能力を育むことができる。中国人留学生の言語能力・談話能力・社会言語能力を総合的に育成するために対話によるパラグラフライティングの技法について学ぶ。

中国人留学生が日本語を第二言語として習得すると同時に、日本人学生が中国語を相互に習得する。中国人留学生が日本人学生に意見を伝達するというインタビュー形式も交えることで、日本人学生と積極的に意見交換ができるようになる。外国語学習の動機付けとして、日本人学生と意見交換ができるということは重要である。

日本人学生にとっては、中国人留学生とともに日本語や日本文化を学習することは、自国の言語や文化に対する認識の深化と視野の拡大をもたらすことになる。

1. 中国人学生と日本人学生の協同学習

語用論的転移と社会言語学的転移を深く理解することが外国語学習には大切である。日常言語能力は自国で学習することができるが、認知

2. 文章作成における認知プロセス

言語間の距離が外国語習得の難易度に影響があることから、中国語と日本語の距離は、英語ほど離れてはいない。というのは、漢字文化圏

に属することから、日本語に多用される漢語は比較的共通性をもっている。ただ、孤立語である中国語とは違って、膠着語という日本語の特性から、助詞・助動詞の使い方が中国人には難しいと思われる。こうした中国語と日本語の距離を正しく理解し、その言語の特性を学び、思考パターンや文化にいたるまでを含めた言語観を身につけることが大切である。その際、日本人学生との日本語による相互学習によって、日本語と中国語の差異に相互がかかわることが重要である。日本語は、外国人が学習するときのような言語として認識されているのかを研究し、学習者の立場に立って、その学習内容・学習方法・学習成果について考えていく。まず、日本語の特徴について研究する。日本語は、基本単語数が多いということがよく言われる。日本語能力試験N1合格のために必要な単語数は10000語である。この単語数の多さに加えて、日本語は相手に対する待遇表現が複雑であるという特徴がある。さらに、日本語を音にする表記法が、非常に複雑であるということである。しかも、ひとつの漢字に対して複数の読み方がある。こうした複雑な表記法に対して、音の数が少ないという特徴もあり、発音に関しては学習しやすい。また、動詞の活用が単純であり、名詞の性別や数詞の厳密さが無い。こうした日本語の特徴をとらえて、中国人留学生に対する日本語教授法について研究する。

3. 魯迅“故郷”と魯迅『故郷』の読書

魯迅『故郷』(1921年)は、中国と日本の学校教育において国語の教科書教材として採録されている。藤井省三氏は「中学国語教科書に至っては単行本に先んじて『故郷』を教材として収録し、知的階級予備軍の情念と論理とを養っていく。そして一九四九年に共産党が中国を統一したのちには、『故郷』は階級闘争の視点から解釈され、社会主義の思想政治教育を担う国語教材として中学校では教えられていくのである」と指摘している。さらに、藤井省三氏は「日本でも『故郷』は一九二七(昭和二)年に初めて翻訳されて以来、外国文学としては破格の数の読者を得ている。これを最初に中学校に収録したのは、敗戦後の日本が独立を回復して間もない一九五三年のこと、教育出版社版の三年生

教科書であった」と指摘している。日本では1972年の日中国交回復後は、中学校の国語教科書出版5社全てに収録されている。外国文学でありながら、国民文学級の扱いを受けていることになる。それに引きかえ、本国中国で魯迅の作品が教科書に収録されなくなってきていることが話題となった³⁾。同じ年代の日中両国の学生が、同じテキストを読んで、どのように理解したか、さらにお互いの文化や歴史や環境の違いを越えて、どのように共感できるのかについて考察した。『故郷』を中国人留学生は中国語で、日本人学生は翻訳(竹内好訳)で黙読する。次に下記の2か所について、お互いの読みについて発表する。その際、自分の読みの根拠となるものをテキストのなかから抜き出す。

1つ目の箇所は、厳しい寒さのなか20年ぶりに故郷に帰ってきた私が、寂寥の感に打たれ、30年前に出会った閩土との思い出を語る場面である。

阿! 閩土の心里有无穷无尽的希奇的事, 都是我往常的朋友所不知道的。他们不知道一些事, 閩土在海边时, 他们都和我一样只看见院子里高墙上的四角的天空。

ああ、閩土の心は神秘の宝庫で、私の遊び仲間とは大ちがいだ。こんなことは私の友だちは何も知ってはいない。閩土が海辺にいたとき、かれらは私と同様、高い塀に囲まれた中庭から四角な空を眺めているだけなのだ。

この箇所は中国人留学生が読むとテキスト外の背景知識があるので、少なからず魯迅の国家建設を語るイデオロギー小説という枠のなかで読もうとするため、少年時代の閩土の神秘性と私の閉塞感を読み取ることになる。藤井省三氏は『故郷』が登場した1920年代、「共産党は『故郷』を社会主義建設の神話的作品として読ませている」と指摘する。日本では、中国社会の背景を知らずに『故郷』を読むことになるので、「高い塀に囲まれた中庭から四角な空を眺めていた」という場面を単なる風景描写として読む。

こうした異文化における歴史や社会に対する理解は、中国人留学生と日本人学生の対話のなかで、相互理解を深めることに有効である。魯迅『故郷』のテキストは、中国と日本の中学校

で教科書教材として取り上げられている作品であり、同じテキストを読んでも歴史や社会といった文化の違いによって理解が異なるということを認識するのに役立つのである。自分の読みの根拠となるものを共通のテキストから見出し、相互に意見交換をすることで、多様な意見を知ることができる。さらに、自分とは違った歴史や社会を背景とした他者の意見によって、自分の思考が深まるということがある。対話のプロセスで、テキストの理解に加えて自分自身を内省することができる。中国人留学生は日本語や日本文化を学ぶことで自分を振り返り、日本人学生は中国語や中国文化を知ることによって自分を振り返ることになる。同じテキストを読解教材として用いることで、相互理解を深めるクリティカル・リーディングが中国人留学生の日本語教授法として有効であることがわかる。

4. 閩土犯人説と楊二嫂犯人説

『故郷』というテキストで中国人留学生と日本人学生の読みで、異文化による読みの違いが実感できる部分が、離郷の船のなかで母から聞いた、閩土が持ち帰る灰のなかに茶碗や皿が隠されていたと言う楊お婆さんの話である。

我和母亲也都有些惘然，于是又提起闰土来。母亲说，那豆腐西施的杨二嫂，自从我家收拾行李以来，本是每日必到的，前天伊在灰堆里，掏出十多个碗碟来，议论之后，便定说是闰土埋着的，他可以在运灰的时候，一齐搬回家里去；杨二嫂发见了这件事，自己很以为功，便拿了那狗气杀（这是我们这里养鸡的器具，木盘上面有着栅栏，内盛食料，鸡可以伸进颈子去啄，狗却不能，只能看着气死），飞也似的跑了，亏伊装着这么高底的小脚，竟跑得这样快。

私も、私の母も、はっと胸をつかれた。そして話がまた閩土のことにもどった。母はこう語った。例の豆腐屋小町の楊お婆さんは、私の家で片づけがはじまってから、毎日かならずやって来たが、おととい、灰の山から碗や皿を十個あまり掘り出した。あれこれ議論の末、それは閩土が埋めておいたにちがいない、灰を運ぶとき、いっしょに持ち帰れるから、という結論になった。

楊お婆さんは、この発見を手柄顔に、「犬じらし」（これは私たちのところで鶏を飼うのに使う。木の板に柵を取りつけた道具でなかに食べものを入れておくと、鶏は首を伸ばして啄むことができるが、犬にはできないので、見てじれるだけである）をつかんで飛ぶように走り去った。纏足用の底の高い靴で、よくもと思うほど早かったそうだ。

灰のなかに碗と皿を隠したのは誰か。閩土犯人説と楊二嫂犯人説で、中国人留学生と日本人学生の間で意見が分かれる。中国人留学生 35人と日本人学生 30人が『故郷』を読んだあとアンケートを実施した（表1）。

表1 『故郷』に関する読みの違い

	閩土犯人説	楊二嫂犯人説
中国人留学生	10	25
日本人学生	28	2

藤井省三氏が「中国の中学国語教室では閩土＝犯人説に傾きがちな生徒への対応が、教師の悩みの種でありまた腕の見せ所でもある」⁵⁾と指摘するように、中国人留学生は灰のなかに碗や皿を隠したのは、楊お婆さんであると読むように教わっている。中国では、社会階級的な視点から楊二嫂犯人説や閩土犯人説となってテキストの読みを右往左往させてきたことになる。

日本の中学校では閩土＝犯人説で読まれることが多い。日本の生徒は、私の帰郷の寂寥を中心にして読むので、階級的な視点から楊お婆さんが犯人であるとは考えない。ただ、テキストにある母の言葉から、閩土は何でももらえたのにわざわざ碗と皿を隠す必要はなく、犯人は楊お婆さんであるという読みが出てくることはある。しかし、それはあくまで、言葉の仕組みからの読みであり、中国社会の階級制から楊二嫂犯人説をとるのではない。

館岡洋子氏は「自分自身のテキスト理解と他者のそれとを重ね合わせ、どこが同じでどこが異なっているかを検討する過程で、自分自身が無意識に考えていたさまざまなことに気づかされる」⁶⁾ことを指摘している。異文化理解も他者理解も自己理解を深めることにつながるのがある。

5. 協同学習による日本語教授法

中国人留学生と日本人学生が、協同的な対話をとおして外国語を相互学習することが重要である。ピア・レスポンスによるパラグラフライティングを実施し、中国人留学生の日本語による論文作成技術を養成する。この日本語教授法は、批判的思考を活性化しながら進める文章作成であり、文章作成をとおした社会的関係作りが可能となる。山口恵子氏は「読み手も書き手も同じルールを共有するため、読むときには必要な箇所をすばやく探しだし、効率的に読むことが可能になり、書くときにはルールを習得すれば文章の巧拙に関わらず読み手を意識した論理的でわかりやすい文章を書くことが可能になる」⁷⁾と述べている。ピア・レスポンスによるパラグラフライティングは、協同学習による活動性の高い授業であり、高度な専門知識を外国語によって表現するという難易度の高い学習となる。対話による話し合い学習による自分の主張についてアウトラインを使ってパラグラフライティングする。パラグラフとは、一つの主張を導くために用いられる論理的に相互に関係のある複数の文の集まりであり、パラグラフはトピックセンテンス(TS)とサポーティングセンテンス(SS)とコンクルーディングセンテンス(CS)からなる。パラグラフライティングのルールは、①一つのパラグラフでは一つの主張しかしない。②主張はパラグラフの最初に書く。③TSのあとにSSを提示する。④パラグラフの最後で主張を繰り返すというものである。テキスト『故郷』を使って、4の課題についてパラグラフライティングを試みた。

中国人留学生による「楊二嫂犯人説」
(TS)灰の中に椀と皿を隠したのは楊二嫂である。
(SS1)母の「不要なものはみな閩土にやる」という言葉があるので閩土は隠す必要がない。
(SS2) 善良な農民である閩土は犯人ではない。
(CS)小市民の醜悪さから楊二嫂が犯人である。

日本人学生による「閩土犯人説」
(TS)灰の中に椀や皿を隠したのは閩土である。
(SS1)楊お婆さんの証言どおりである。
(SS2)閩土は生活に窮し打ちひしがれている。
(CS)社会の重圧を受けた閩土が犯人である。

ピア・レスポンスを利用した日本語教授法は、日本語を学びながら自分のことを知ることができるだけでなく、対話によって異文化を理解するプロセスが可視化できるという長所がある。

おわりに

アウトプット（話す・書く・発表する）能力の育成は、ディベートや発表による表現力の養成とレポート・論文作成による情報処理力の養成に重点をおくことが重要である。コミュニケーションアプローチを積極的に取り入れた伝達中心の日本語教授法が中国人留学生には有効である。日本人学生に伝達するというインタビュー形式を交え、日本人学生と積極的に意見交換をすることが大切である。外国語学習の動機付けとして、日本人学生と意見交換ができるということは重要であり、異文化の中で実践する意見交換は中国ではできないことで、日本に留学した意味がここにある。対話とパラグラフライティングによる中国人留学生と日本人学生の協同学習は、第二言語習得における日本語教授法として有効であると考えられる。

注

- 1) 藤井省三『魯迅「故郷」の読書史』創文社 1997年 p.4
- 2) 藤井省三 同掲書 p.7
- 3) 『人民網日本語版』2014年11月5日『「故郷」中国では日本より読まれない?」「魯迅を重視せず、課外時間にも魯迅を読まない中国の学生」という記事が載った。
- 4) 藤井省三 前掲書 p.4
- 5) 藤井省三 前掲書 p.263
- 6) 館岡洋子『協働で学ぶクリティカル・リーディング』ひつじ書房 2015年 p.2
- 7) 山口恵子「パラグラフライティングを基礎にした文章表現指導——ピア・レスポンスによるプロセス・ライティングの効果を中心に——」『アカデミック・ジャパニーズ・ジャーナル 2』2010年 p78

*魯迅『故郷』の原文は、「故郷」外文出版社 2003年、魯迅『故郷』竹内好訳『魯迅文集 1』ちくま文庫 1991年に拠った。

(原稿受付 2015年 12月)

野上弥生子と『ソーニャ・コヴァレフスカヤ』

— 『青鞥』の女たち(3) —

荻原桂子

九州女子大学人間科学部人間発達学科人間基礎学専攻

A Study on Yaeko Nogami and "Sofia Kovalevskaya"

—Women of "Seito"(3)—

Keiko OGIHARA

Abstract

In the 100 years before Japan, young women from across the country set a women's liberation and empowerment is gathered in the Raicho Hiratsuka presided over "Seito" (September 1911 launched). Already Yaeko Nogami some part of the Supporting members known the name gargle. Enduring literary life of Yaeko had been supported by the recommendation of Soseki. Sonja Kovalevskaya is intended to support the literary life of up to '80 of Yaeko, it said that it was a way of life itself.

Keywords: Gender, Sexuality studies, Women's studies, Seito

はじめに

世界経済フォーラム(World Economic Forum)は2015年11月18日「The Global Gender Gap Report2015」で各国の男女格差を測るジェンダー・ギャップ指数(Gender Gap Index)を発表した。世界経済フォーラムの男女格差報告は2006年からはじまり、性別による格差を地域、所得層、経年により比較できる。男女共同参画に関する国際的な指数は、(1)経済活動の参加と機会(労働力の男女比、類似の労働における賃金の男女比、推定勤労所得の男女比、管理的職業従事者の男女比、専門・技術職の男女比)、(2)教育(識字率の男女比、初等教育就学率の男女比、中等教育就学率の男女比、高等教育就学率の男女比)、(3)政治的エンパワーメント(国会議員の男女比、閣僚の男女比、国家元首の在任年数の男女比)、(4)健康と生存(出生時の男女比、平均寿命の男女比)からなる経済、教育、政治、健康の4分野14の変数から総合して女性の地位を順位づける。0は完全不平等、1が完全平等であるが、2015年日本は145カ国中101位(項目別では経済活動の参加と機会が106位、教育が84位、健康と生存が42位、政治への参与が104位)であり、昨年比べて3

つ順位が上昇した。この報告によると、1位は7年連続となるアイスランドで、最も男女が平等に近い国となった。2位から4位までは、ノルウェー、フィンランド、スウェーデンとなり、上位を欧州が占めている。日本女性の政治分野における女性の割合や女性管理職の割合の低さなどが順位の低さにつながっていると考えられる。WEFの結果について原克彦氏(ジュネーブ2015年11月19日)は「安倍晋三政権は女性活躍の推進を看板に掲げているものの、日本への評価は依然低い。同指数は女性の地位を経済、教育、政治、健康の4分野で分析する。日本は女性の労働参加率が低く、男性との賃金格差も大きいため経済で106位だった。政治も女性議員が少なく104位と低迷している。教育の個別分野では識字率や中等教育への進学率で世界1位だが、高等教育への進学率が106位と極端に低く、同分野全体では84位だ。アジアではフィリピンが7位と前年より順位を2つ上げたほか、ニュージーランドが3つ上がりトップ10に入った。中国は91位、インドは108位だった。上位は23位から9位へと躍進したスロベニアを含め、10カ国のうち7カ国を欧州が占めた」と解説している。男女共同参画社会実現への道のりは甚だ険しいものである。

1. 野上弥生子と『青鞥』

100年前の日本では、女性解放と地位向上を掲げ全国から若い女性たちが平塚らいてう主宰の『青鞥』(1911年9月創刊)に集った。すでに名を知られた一部の賛助員のなかに野上弥生子(1885年5月6日～1985年3月30日)がいた。弥生子は『青鞥』創刊号に社員として名を連ねていたが翌月に退社した。『青鞥』に寄稿した作品には「京之助の居睡」(2巻9号)、ミュッセ「近代人の告白」(2巻10号～3巻1号)、「ソニア・コヴァレフスキイの自伝」(3巻1号～4巻8号)、「新しき命」(4巻4号)、「ねえ、赤さま」(4巻5号)、アン・シャロット・レフラー「ソニア・コヴァレフスキイ」(4巻9号～5巻2号)、伊藤野枝宛「私信」(5巻8号)、「色々なこと」(6巻2号)がある。弥生子は「木内錠子と親しかったので発刊に際して好意は持っていたものの、入社した覚えはない」とらいてうに語っている。『青鞥』への原稿の校正刷りの受け渡しや相前後して出産したことなどから伊藤野枝とも親しくしていた。創刊から1916年2月6巻2号をもって無期休刊になるまでの約4年半にわたって弥生子は『青鞥』に寄稿し続けたのである。

2. 野上弥生子と夏目漱石

弥生子は大分県臼杵市に生まれた。14歳で上京、明治女学校に入学し、20歳で夏目漱石門下の野上豊一郎と結婚する。『ホトトギス』に『縁』を漱石の推薦で掲載して作家としてデビューする。以来、死去するまで現役作家として活躍する。法政大学女子高等学校名誉校長も務め「女性である前にまず人間であれ」の言を残した。中条百合子や湯浅芳子とも交友を持ち、昭和初期の『真知子』は、百合子の『伸子』を意識して書いた作品であるといわれ、1920年代の女性の生き方を描いた作品として大きな位置を占めている。戦後は百合子が中心人物であった新日本文学会に賛助会員として加わったが、まもなく辞退している。戦後は戦時下には書けなかった『黒い行列』の続編『迷路』で、敗戦までの知識人のさまざまな生き方を重層的に描き、政治と芸術の葛藤を描いた『秀吉と利休』を発表した。最晩年には、自らの少女時代から材料を

とった『森』を執筆していたが、後数章を残し絶筆となった。弥生子の息の長い文筆生活は、漱石の推挙によって支えられていた。大正5年漱石逝去後弥生子は「いまは話しだされるのも恥しいほど幼稚な作品を丹念に読んで、文学の手ほどきをして下さったのは夏目漱石先生である。もしあの頃、とてもものにはならないから書くことはやめなさい、と仰しゃられたら、作家生活は私には今日までなくてすんだかも知れない²⁾と吐露している。漱石は弟子の妻である弥生子の処女作「明暗」(習作)に対して、懇切丁寧な批評の手紙(明治40年1月17日)を書いている。漱石生誕百年記念講演で弥生子は「私、ここに長い手紙を持ってまいりました。これは初版の『漱石全集』なんかには、印刷物として出ているそうなのでございますけれども、なまの手紙でござんにに入れるのは、初めてだろうと思います。(巻紙を広げながら)〈付記、今度計ってみると五メートルの上ありました〉こんな長い手紙なのです。私、人からこんな長い手紙をいただいたことございません³⁾と漱石亡きあと50年間大切に持っていた手紙を公開している。「非常に苦心の作なり」で始まる漱石の「明暗」評では「年が足らぬなり」といい「余の年と云ふは文学者としてとつたる年なり。明暗の著作者もし文学者たらんと欲せば漫然として年をとるべからず文学者として年をとるべし⁴⁾という懇切丁寧な助言をしている。さらに、同日夏目家文章会で朗読され『ホトトギス』明治40年2月号掲載の『縁』には「漱石氏来書」という漱石の推薦文が付された。『縁』に始まる写生文的小品執筆や生涯現役で著作を続けたのは漱石の言葉を忠実に守り抜いた結果である。20世紀初頭、日本近代文学の巨星である夏目漱石が、20歳そこそこの若い女性弥生子に親切な指導を与えたように、ロシア近代文学の巨星ドストエフスキイが、13歳そこそこの幼い女性ソーニャ・コヴァレフスカヤに姉アニユータを通して影響を与えた。

3. 野上弥生子とソーニャ・コヴァレフスカヤ

弥生子は、「ソーニャ・コヴァレフスカヤはこれまでに非類のない天才的女流数学者として、婦人の最初の大学教授として、同時にまたすぐれた閨秀作家として、十九世紀の末葉に於ける

代表的な婦人であった」⁵⁾と述べている。正確には、ソーニャ・コヴァレフスカヤ(1850年1月15日～1891年2月10日)はロシアでは初めて、ヨーロッパを含めても3番目に大学教授の地位を得た女性である。ちなみに1番目はラウラ・バッシ、2番目はマリア・アニュージとともにイタリア人であった。弥生子は、『青鞥』に連載したソーニャ・コヴァレフスカヤに関する著作のほかに、「ドストエーフスキと二人の姉妹」(『トルストイ研究』3巻9号)、「ソーニャ・コヴァレフスカヤ」(『女性改造』3巻6号～7号)などがある。弥生子自身が「わたしの愛読書の一つであり、ソーニャはわたしには長い間の友だちであるので、あえて自信をもつて、親友を紹介するやうな気持ちで、この興味ある書物をすゝめたい」⁶⁾と述べて、ソーニャ自身による『ラエフスキー家の姉妹』とアン・シャロット・レフラーの書いた伝記を翻訳した『ソーニャ・コヴァレフスカヤ(自伝と追想)』(岩波文庫)を刊行した。阿部知二氏は「封建的生活の桎梏から離脱して自由を得ようとするたたかに入り、個我の確立をものがき求め、また文学を媒介として情熱の解放を獲得しようとするばかりではなく、彼らはさらにはげしく前進して、一挙にあらゆることをなしとげようとする姉アニュータは、社会の解放をめざして、パリ・コミューンに参加するところまで突き走ってしまう。妹ソーニャは、感性的な解放どころでなく、もっとも知的な学問の世界で、男性と堂々と対峙する地位をおのれのものとしてしまう。まさに、おどろくべきことである」⁷⁾と述べている。後年のロシア革命を彷彿させる過剰なエネルギーと率直さを湛えた女性に弥生子は強烈に惹きつけられるのである。「ソーニャの血まみれの足跡や、涙や、唸めき声にたいしては、私たち日本の婦人はもっともよい理解者であり、また共鳴者であろうと思ひます。何故ならば、アメリカやヨーロッパの婦人たちはすでに飛び越えた鉄柵が、私たちのまへにはまだ厳然とおかれてゐます。敗戦によつてわづかにもたらされたデモクラシーの提唱、その実践的な規約としての改正憲法は、その高い柵を取り払ひ、それに結びつけてあつた私たちの足枷手枷を解き放つたわけになつてゐます。しかし少し注意深く眺めるものには、それらは単に舞台装置に過ぎないこと、奈落には根強い、独特の封建性が深い穴

を昔ながらに残し、無邪気に悦び、登場するものを呑みこもうとしてゐるの知つてゐます。私たちは新聞紙上で、活字で規則として受けとつたデモクラシーを、自由を、権利の機会の均等を、あらたに社会で、職場で、家庭で戦ひ取らなければなりません。それによつてソーニャの煩悶と苦痛は未だに私たちのものとして胸を打つのであり、もつと運命的な、女性が女性である故にいかにか苦しき生きたかの課題は、ひとり私たちのみならず、すでに完全に解放された婦人として闊歩してゐる世界の各国姉妹たちにも、しばしば慎ましい反省と、共感を与へないではおかないでありましょう」⁸⁾と語っている。『青鞥』への投稿をはじめ、翻訳『ソーニャ・コヴァレフスカヤ』は、弥生子の日本の若い女性たちへの激励でもあつたのだ。ソーニャ・コヴァレフスカヤの伝記から受けた「美しい愛情と、感動と、反省と向上心と」は弥生子の80年にもおよぶ文筆生活を支えるものであり、生き方そのものであつたといえる。

4. 野上弥生子と『迷路』

戦後の弥生子の仕事として重要な作品が『迷路』である。『迷路』は弥生子の書いたもっとも長い小説で、『黒い行列』(『中央公論』1936年11月のち改稿、改題して『迷路』第一部)、『迷路』(『中央公論』1937年11月のち『迷路』第二部)、戦後1949年1月から続編を『世界』に27回にわたって連載し、1956年10月に完結した。1957年『迷路』で第9回読売文学賞を受賞する。発表から戦争をはさみ中断期も含め20年の歳月をかけて、改稿、解題を繰り返した『迷路』はまさに迷路のように複雑長大な作品となつた。「私がこれらの作品中の人たちを机上においてきぼりにしてから、すでに十年あまりになる。これは私自らの怠慢ではない。日本の政治的情勢が彼らを自由に行動させることを一いひ換えれば、私が彼らを彼らとして正直に描くことを許さなかつたからである。もし私が、軍部で代表されたそのあいだの日本の歩き方に妥協的であつたならば、この作品はもっと早く完結してゐた筈である。しかし、私にはそれができなかった。敗戦のもたらした解放によつて、私たちのペンにはもう鎖はついてゐない。今こそ私は、これ等のひとびとの中断されてゐた生活

を、彼らが欲するままに続けさせることが可能である」千九百三十二年—昭和七八年—頃の日本に於ける左翼運動は、或る観点からすれば一種の精神運動であった、と私は信ずる。その渦に身を投じ、結句失敗者として弾きだされたこの作品の主人公が、その後の日本とともに歩いた悩みの多い困難の道を、私はまた彼とともに歩かなければならない。道は遠く、ペンは重い⁹⁾ (『迷路』第一部第二部はしがき 1948年5月)と長編小説に挑む覚悟を述べている。また、作中の戦場描写について「銃の持ち方一つ知らず、また昨夏の旅行までは、上海・香港をのぞいたのみで、中国の本土には無縁にすぎなかった私に、どうして戦場が書けたかを問われることがある。これは青年画家飯田善国さんの援助に帰さなければならない。慶應の文科をでてから上野の美術学校に入り、幹部候補生として出征した飯田さんは貴重な手記を貸してくれたのみでなく、私には別世界なる軍隊について、わけても分遣隊の生活の細部にわたって、お手のもの画でさながら眼にするように描いて見せてくれた」¹⁰⁾と作品の種明かしをしている。

おわりに

弥生子は、小説のなかでさまざまな女性を描いた。男女共同参画が叫ばれて久しいが、なお実現の難しい問題を、弥生子は『迷路』の多津枝という女性をとおして描きだした。当時にあっては、古庄ゆき子氏が「どんな階級の、とりわけ大正期から昭和初期にかけて隆盛であった社会運動の中ではひと括りにしてしまわれがちな有産階級の個人にも、それぞれ独立した思いがあることを、これら女性主人公を通して訴えようとした」¹¹⁾と指摘するように、昭和が去った現代においても弥生子の描いた女性の生き方は示唆に富んでいる。小俣光子氏は「一世紀を生き抜き、しかも死の直前まで執筆しうる明晰さを持続し、人間はどこまで生き活きた知性を保ちうるかという、将来的課題をも提供した弥生子の生涯は、近代における女性の、さまざまな問題を照らし出すことのできる鏡になる」¹²⁾と指摘している。人間の真直さを何よりも尊んだ漱石が弥生子という女性作家を重んじたのは、弥生子が強靱な精神力で持ち続けた真面目という美質だった。弥生子は師である漱石

と夫である豊一郎の支援を受けながら、強い意志力と弛みない努力で向上心をかきたて、家庭にありながら常に社会的見識をもち先駆的な作品を世に送り出した。瀬沼茂樹氏は弥生子文学を「普遍的な人間性を求めて倫理道徳を究め、社会的知見をひろげて時流風俗の根をさぐり、写実の文学のかなたに理念の文学をたてて、毅然として八十年の文学を着実に展開しつづける」¹³⁾のものであると評価している。『青鞥』の女たちと少し距離を取りながら、第二次世界大戦中は北軽井沢の山荘生活で乗り切り、時代に流されない持続的な仕事でできたのは、弥生子の鋭敏な知性の賜物であったといえる。

注

- 1) 『日本経済新聞』2015年11月19日電子版
- 2) 「夏目漱石」『文藝春秋』42巻8号1964年8月、『野上彌生子全集』22巻岩波書店1984年2月特装版所収 p.336
- 3) 「夏目先生の思い出」本稿は、漱石生誕百年を記念して、去る一月十四日、朝日新聞東京本社講堂で行われた講演の速記に加筆補正したものである『中央公論』81巻5号1966年5月、『野上彌生子全集』22巻岩波書店1984年2月特装版所収 pp.390-391
- 4) 「明治40年書簡769」『漱石全集』23巻岩波書店1996年9月 p.11
- 5) 「世界最初の大学女子教授ソーニャ・コヴァレフスカヤ」『婦人公論』1934年6月、『野上彌生子全集』18巻岩波書店1984年2月特装版所収 p.372
- 6) 同掲書 p.393
- 7) 阿部知二「解説」『世界ノンフィクション全集』8巻筑摩書房1960年10月 p.476
- 8) 「ソーニャ・コヴァレフスカヤ」『新女苑』11巻3号～8号1947年3月～8月、『野上彌生子全集』20巻岩波書店1984年2月特装版所収 p.265
- 9) 『野上彌生子全集』11巻岩波書店1984年2月特装版所収 p.506, p.507
- 10) 同掲書 p.514
- 11) 古庄ゆき子『大分県先哲叢書野上彌生子』ドメス出版2011年11月 p.286
- 12) 小俣光子「野枝と運命的友情を育んだ野上彌生子」らいてう研究会編『『青鞥』人物事典』大修館書店2001年5月 p.133
- 13) 瀬沼茂樹「思い出すまま」『新潮日本文学アルバム 32 野上彌生子』新潮社1986年5月 p.101

(原稿受付 2015年 12月)

司書養成及び図書館情報学の教育について

鄭 俊如

九州女子大学人間科学部

On Librarian Education and Library Information Science Education

Junru ZHENG

Abstract

There are some kinds of the librarian education, one of their is a professional course of library and information science at the university. The educational content of library and information science has been examined in accordance with the changes in the social environment. In 2012, the subjects of Librarian course was amended by MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology). In this paper, it is discussed the systematic education for library and information science.

Keywords: *Library and information science, Librarian course, University education*

1. はじめに

日本の司書養成は、図書館法施行規則で定められている司書講習をはじめ、大学（短大を含む）に設置された司書課程などによって進められている。日本においては、2003年から2005年までの3年間、情報専門職の養成に向けた図書館情報学教育体制の再構築に関する総合的研究（LIPER: Library and Information Professions and Education Renewal）を実施した。LIPERの調査結果によると、毎年司書資格を取得する者は1万人を超えているが、個々の教育機会によって履修時間数、履修内容、履修環境が大きく異なるため、司書資格取得者の専門的知識が、高度でかつ一定の水準に保たれていない。特に、情報化の進展に伴う図書館への社会的要請の変化に伴う情報専門職に必要とされる高度な一定水準の専門的知識を保持しているとはいえない状況にある。

このような状況の中で、LIPERは図書館法に基づく図書館司書養成を目標とした省令科目を認めつつも情報専門職養成のためのカリキュラムを再検討し、これまでの司書課程科目の問題点を指摘した。特に従来の司書課程科目は、印刷媒体の図書に基づいて科目の内容が組み立てられているが、情報環境の変化に対応可能な情報専門職養成の観点から、電子メディアを中心とする図書以外の資料・メディアを視野に入れた教育内容が必要であることが認識された。文部科学省は2012

年4月より図書館法施行規則の一部改正を行った。今回の改正では、科目内容や単位数の見直しをすると共に、図書館業務に必要な情報技術に関わるサービスを提供できるための必要な知識等を教授する内容を追加した新たな科目を設置することにした。

本稿では、まず司書養成に関する事項を確認し、次に、情報化社会における司書養成の情報技術の教育について検討する。最後に、著者が所属している九州女子大学人間科学部人間発達学科人間基礎学専攻の図書館・情報コースの取り組みを事例として、系統的な図書館と情報の知識を学習でき、多様な情報機器・情報メディアの操作や情報環境構築などができる情報化社会に相応しい人材、特に、図書館司書の教育について議論する。

2. 司書養成について

2.1 司書に求められる資質・能力

2009年2月に、「これからの図書館の在り方検討協力者会議」（以下「協力者会議」と略す）が、「司書資格取得のために大学において履修すべき図書館に関する科目の在り方について（報告）」を出した。報告の中に、司書に求められる資質・能力について、次のように示している。

- ・図書館は、住民の身近にあつて、図書やその他の資料を収集、整理、保存し、その提供を通じて住民の学習を支援するという役割に加え、特

に近年は、地域が抱える課題の解決を支援するための図書館サービスを行うことが求められている。

- ・社会の変化に対応して図書館を改革し、地域を支える知の拠点として必要な機能を備えた「これからの図書館像」を実現するには、司書が、地域社会の課題や人々の情報要求に対して的確に対応できるよう、図書館に関する基礎的な知識・技術とともに、課題解決を支援するための行政施策・手法や図書館サービスの内容と可能性を理解することが必要である。また、情報技術に関する知識、法制度や行政に関する知識、図書館の経営能力を身につけ、特にコスト意識や将来のビジョンをもつことが重要である。

このため、大学における司書の養成においては、これからの司書に求められるこれらの知識・技術について、その基礎となる教育を体系的に行なうことが必要と考えられる。

2.2 養成機関の種類

日本では、「司書となる資格」は、①司書講習、②大学の通信教育、③短期大学の司書課程、④4年制大学の司書課程、⑤4年制大学の図書館情報学の専門課程、のいずれかで学ぶことによって得ることができる。司書課程を受講する学生がそれぞれ所属する学部学科の主題分野に関する専門知識を学習しながら、図書館情報学を学び、司書資格を取得するため、特定の主題分野の専門知識に関する専門性のレベルは、図書館情報学を専門とする学生より高い。一方、図書館情報学を専門とする学部・学科における司書養成は、図書館情報学に関する専門性のレベルは司書課程に比べて高いが、主題専門知識のレベルは低い。

2.3 学習領域

現在の司書養成は、図書館法上、公立図書館の司書養成を主たる目的にしているが、実際に司書資格を取得した者は、公立図書館に限らず大学図書館や専門図書館など、他の館種の専門的業務にも従事している。そこで、司書養成に必要な学習領域は、「基礎学習領域」（主題専門知識）、「中核的学習領域」（図書館情報学）及び「館種別学習領域」（館種によって学習内容を異なる）の三つの領域を挙げることができる。本稿では、中核的学習領域、すなわち、図書館情報学の学習内容に着眼し議論する。

表1 従来の省令科目の不足内容

	省令科目名	不足している内容
必修科目	生涯学習概論	
	図書館概論	・電子図書館
	図書館経営論	・電子図書館を視野に入れた経営 ・人事・組織・財務 ・企画立案、評価
	図書館サービス論	・個人情報保護 ・電子メディアを視野に入れた情報サービス ・広報
	情報サービス概説	・電子メディアを視野に入れた情報サービス
	レファレンスサービス	・電子メディアを視野に入れたレファレンス業務 ・主題別レファレンス演習（人文・社会・自然）
	情報検索演習	・インターネットを含むネットワーク情報資源 ・問題解決型の検索技法
	図書館資料論	・電子メディアを視野に入れた図書館資料 ・外国語の資料についての理解 ・図書メディアの特徴 ・ウェブ上の情報の収集・整理・利用 ・サブジェクトゲートウェイの理解
	専門資料論	・人文科学、社会科学、自然科学ごとの主要文献
	資料組織概	・インターネット上の情報の組織化 ・ウェブ情報の組織化技法 ・セマンティックウェブ
	資料組織演	・メタデータ作成の実際
	児童サービス論	・読書指導 ・読書サービス ・読書心理学
	選択科目	図書及び図書館史
資料特論		・書誌学 ・古典籍 ・古文書の取り扱い ・図書の修復 ・資料保存・保護・製本
情報機器論		・図書館に配置された複数の情報機器の管理方法 ・サーバ管理 ・ウェブサイトの設計・構築・メンテナンス
図書館特論		

3. 司書課程情報能力の育成について

3.1 情報化社会における司書の専門性

インターネットの普及に伴い、多くの情報がネットワーク上に提供されるようになってきた。このような急速に進展する社会の情報化は、図書館に対して、資料やサービスのデジタル化、ネット

ワーク化の進展, 各種データベースを始め, 電子書籍や電子ジャーナル等電子化された情報源の提供等の「ハイブリッド図書館」への移行を求められるようになった。

このような背景で, 司書(図書館員)に求められている専門性は, ①利用者が求める資料(情報)の情報源を提供すること, ②必要な情報を入手するための手助けを行うこと, ③前述のサービスを提供するために資料(情報)を収集し, 体系的に分類・整理し, 保存・管理すること, と挙げることができる。

表2 LIPERのカリキュラム案(情報関連のみ)

領域名	学習内容
図書館情報学基礎	・情報流通の基礎, 図書館や情報に関わる諸制度・政策などについての理解 ・情報の理解, 社会における情報, 知識論, などについての理解 ・図書館や様々な情報サービス機関における実務経験
情報利用者	・人間の情報探索行動についての理解, 探索行動モデルなど ・利用者教育のためのカリキュラム, 情報リテラシー教育の方法など
情報メディア	・印刷メディアおよび各種のメディアの特性についての基本的理解 ・各種のメディアの知識と収集・保存・提供技術
情報サービス	・情報サービスの基本的な考え方, 社会における情報サービスの必要性の理解 ・レファレンスツールの知識, 質問回答演習, パスファインダー作成等
情報システム	・図書館情報システムの概要, ネットワーク, データベースの基礎など ・情報検索の基本技法についての理解 ・多様なデータベースの構築, DBMS の活用など ・オンラインデータベースの検索の実際
デジタル情報	・デジタルライブラリの歴史と現状, 権利管理(DRM), デジタルデータの著作権, デジタルデータに関する基準などの理解 ・ネットワーク, データベース, 自然言語処理など, デジタルコンテンツを扱う上で必要な基礎的な情報技術の習得 ・デジタルコンテンツの収集組織化(メタデータの作成), 保存(デジタルリザベーション), 提供についての理解

3.2 従来の司書科目の不足点

情報化社会に求められている司書の専門性に踏まえ, LIPERの図書館情報学教育班が従来の司書課程科目の問題点を指摘した。従来の司書課程科目は, 印刷媒体の図書に基づいて科目の内容が組み立てられているので, 情報環境の変化に対応可能な情報専門職養成の観点から, 電子メディアを中心とする図書以外の資料・メディアを視野に入れた教育内容が必要であり, さらに, 図書館利用者に対する情報リテラシー教育も含め, 情報行動に関わる内容が必要であることをLIPERの報告

書に書かれた。また, 従来の省令科目に不足している内容をまとめた(表1)。なお, 表1では, 不足している内容の内, 情報知識や情報技術関連の部分を実線で示している。

3.3 情報専門職養成カリキュラム

LIPERは一般社会や学術コミュニティ, 学校コミュニティにおける情報の利用行動にかかわる高度な知識, 情報通信技術の急速な発展を反映した情報組織化や情報サービスの高度な知識や技術, 主題知識を踏まえた個々の情報提供の現場の経験の共有化, などに基づき情報専門職養成するためのカリキュラムを提示した。カリキュラムのコアとなる領域は, 「図書館情報学基礎」, 「情報利用者」, 「情報資源組織化」, 「情報メディア」, 「情報サービス」, 「情報システム」, 「経営管理」と「デジタル情報」の8つの領域を挙げ, 各領域の具体的な内容を提示した。表2では, 各領域の情報知識や情報技術関連の部分のみまとめている。

図1は, LIPER教育班による図書館情報学のカリキュラム構造である。構造の中心に「コア領域」の科目があり, 図書館情報学の中心科目群となる。

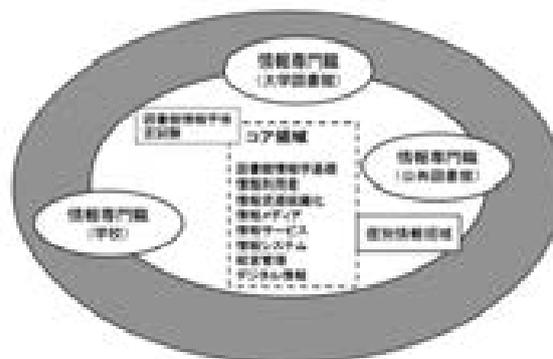


図1 図書館情報学のカリキュラム構造

また, 「協力者会議」の報告に, 「急速に進行する情報化に対応するため, 図書館の業務やサービスの基礎となる情報技術の知識の向上が必要であり, そのための科目を設ける必要がある。」とこれからの司書の養成内容に必要な新たな視点が示された。そのような状況の中, 2012年4月より図書館法施行規則の一部改正を行い, 図書館業務に必要なネットワークに関わるサービスを提供するための必要な知識等を教授する科目「図書館情報技術論」を新設し, 電子メディアを視野に入れた情報サービスやネットワーク情報

資源などの情報提供を含む科目「情報サービス演習」の内容を強化した。新司書課程の具体的な科目の構成は表3で示す。

表3 新司書課程科目

	区分	科目名
必修科目	基礎科目	生涯学習概論
		図書館概論
		図書館情報技術論
		図書館制度・経営論
	図書館サービスに関する科目	図書館サービス概論
		情報サービス論
		情報サービス演習
		児童サービス論
	図書館情報資源に関する科目	図書館情報資源概論
		情報資源組織論
情報資源組織演習		
選択科目	2科目選択	図書館基礎特論
		図書館サービス特論
		図書館情報資源特論
		図書・図書館史
		図書館施設論
		図書館総合演習
		図書館実習

3.4 検索技術者検定について

情報科学技術協会では、1985年から情報検索に関する認定試験を実施し、延べ1万7千人程の合格者を認定した。多くの図書館情報学や情報学関連を専門とする学生、司書課程を履修する学生が試験を受けている。その試験は社会環境の変化などに応じ、数回の内容、試験名称などの検討・変更を行った。

1993年から実施されてきた情報検索の基礎知識を体系的に身につけための「情報検索基礎能力試験」は、インターネットをはじめとする情報技術環境の変化に対応するために、2003年度にその内容を一部変更した。具体的には、試験問題を「共通問題」と「選択問題」に分け、選択問題については、2つのコース「情報検索コース」と「情報リテラシーコース」を設定し、受験者がいずれかのコースを選べるようにした。

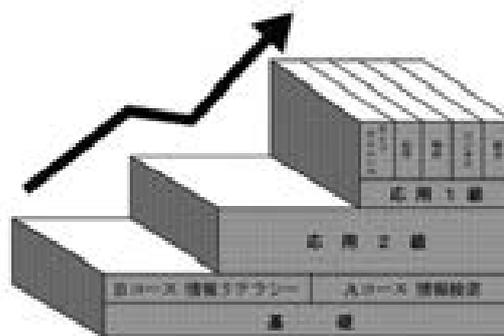


図2 情報検索基礎能力試験の構成

試験は短時間の筆記試験のみを実施し、両コースとも大学の1, 2年生で取得可能なレベルを想定している。また、「情報検索基礎能力試験」の領域および内容は、表4で示す通りである。

表4 「情報検索基礎能力試験」の内容

	A コース：情報検索	B コース：情報リテラシー
共通	1) 情報の生産と流通に関する知識 ・情報の種類、一次情報と二次情報 ・情報の収集・整理・蓄積 ・情報とデータの組織化 ・分類と索引 ・情報サービス機関(図書館等)の役割	3) コンピュータに関する基礎知識 ・ハードウェアのしくみ ・ソフトウェアのしくみ ・コンピュータ通信のしくみ
	2) 情報の検索と利用に関する知識 ・情報源(データベース含む)の特性とその内容 ・情報検索の方法 ・情報サービス機関の利用法	4) インターネットに関する基礎知識 ・電子メール, WWW ・TCP/IP ・サーチエンジン
選択	6) 情報管理に関する知識 ・目録記述の規則と標準化 ・分類法, 索引法, 抄録作成法 ・シソーラス, 件名標目	5) 情報社会に関する基礎知識 ・情報政策, 情報倫理 ・セキュリティ ・知的財産権
	7) データベースに関する知識 ・データベースの歴史と種類 ・データベース作成方法 ・データベースの提供	6) 情報の活用に関する知識 ・情報の評価 ・情報の加工 ・情報の発信
	7) ソフトウェアの利用 ・ワープロ ・表計算ソフト ・プレゼンテーション用ソフト ・DBMS	

更に、労働環境など変化する社会環境やビッグデータの活用など情報環境の急激な変化に対応でき、企業や所属する組織でより重要な役割を果たしていける情報専門家を評価することが必要ということで、2014年4月「検索技術者検定」に改名し、情報検索の主要な目的である「問題解決」に必要な分析能力を評価できる試験となった。前述の情報検索基礎能力試験の合格者は「3級検索技術者」と称することになる。

4. 図書館情報学の教育に対する検討

4.1 日本における図書館情報学教育の状況

著者らの先行調査では、日本の図書館学教育の名門大学である筑波大学と慶応大学のカリキュラムを確認した。

筑波大学の情報学群では、「情報科学類」、「知識情報・図書館学類」と「情報メディア創成学類」に分かれている。知識情報・図書館学類には、「情報経営・図書館」という主専攻があるが、専攻名通りの情報経営が専門分野となっている。図書館学と情報学を同時に学習できる設定ではない。

慶応大学の図書館・情報学系に図書館、情報メディア、情報検索の3つのコースがある。どのコースにも情報メディア、情報検索システム、情報処理技術、データベース検索、自然言語処理の基礎、画像・映像処理の基礎などの情報技術と関連する科目が開設している。3コースの総開講科目はほぼ同じく、必修・選択の区分が違うだけである。従って、図書館コースに所属しながら、情報検索・情報メディアに関連する科目も履修しなければならない。同様に、情報メディアコースや情報検索コースに所属する学生は図書館学関連の科目も受講することができる。

4.2 九州女子大学の図書館情報学教育

九州女子大学人間科学部では、図書館司書の資格を取得することができ、毎年多くの学生がその資格を取得して卒業している。特に、同学部人間発達学科人間基礎学専攻には、図書館・情報コースを設置しており、情報の操作や利用、発信力をもった図書館司書になることができるのはこのコースの大きな特徴である。図書館・情報コースに所属している学生は、図書館学関連の科目を勉強すると同時に、情報学関連の科目も多数履修することができる。

図書館・情報コースの専門教育科目には、共通科目、基礎科目と基幹科目などに分かれている。コースで開講する科目は表5で示す。

表5 図書館・情報コース基礎・基幹科目

分類	科目名
基礎科目	<ul style="list-style-type: none"> 図書館学関連科目 図書館概論, 生涯学習概論, レファレンスサービス演習,
	<ul style="list-style-type: none"> 情報学関連科目 情報科学概論, 情報社会と倫理, 情報社会論, 情報経営学概論, アルゴリズムとプログラム, 情報と職業, メディア表現研究
基幹科目	<ul style="list-style-type: none"> 図書館学関連科目 情報資源組織演習Ⅰ, 情報資源組織論, 情報サービス論, 情報資源組織演習Ⅱ, 情報サービス演習Ⅰ, 児童サービス論, 情報サービス演習Ⅱ, 図書館情報技術論
	<ul style="list-style-type: none"> 情報学関連科目 マルチメディア処理論・演習, 情報ネットワーク・演習, データ処理論・演習, 情報処理技術, 情報処理実習,

前節3.3で述べていたように、新たな情報環境に対応することができる人材を育成するため、司書課程の学習内容を見直し、「図書館情報技術論」などの科目を新設した。司書課程を有する大学及び短期大学では、「図書館情報技術論」の講義内容・教材などについて様々な検討を行っていた。例えば、先行研究である吉田らの講義内容(案)は以下の3つの区分10柱となっている。

- ・「情報社会論」：情報技術と社会、最新の情報技術と図書館
 - ・「情報技術各論」：コンピュータとネット、ワークの基礎、データベースの仕組み、検索エンジンの仕組み、電子資料の管理技術、コンピュータシステムの管理
 - ・「図書館情報システム論」：図書館における情報技術活用の現状、図書館業務システムの仕組み、デジタルアーカイブ
- 各教育機関で、綿密な検討、様々な工夫をしているが、図書館に関する情報技術の学習は、「図

書館情報技術論」の1科目15コマだけでの教授は限界がある。また、前述の「検索技術者検定」(旧「情報検索基礎能力試験」)の内容を確認するとすぐ分かるように、コンピュータやインターネット、及びデータベースに関する数多くの情報学の基礎知識が必要になる。慶応大学の図書館コースや九州女子大学の図書館・情報コースのように、司書課程科目を取得すると同時に情報関連科目も履修できる環境があると、司書に求められる情報技術を十分に修得できると言える。

5. おわりに

社会環境の変化に伴う教育内容の見直しは、初等教育をはじめ各段階の教育内容を検討されている。特に、ほとんどの人に対して最終教育となる大学の教育内容に関しては、社会状況や社会ニーズに合わせて、各組織・機関で綿密な検討を行っている。

本稿では、司書教育や大学の図書館情報学の教育内容に着眼し、議論を行った。社会に有用な人材を送り出すため、体系的な教育を受けさせることができるカリキュラムが必要となり、継続的に検討を行う必要がある。

参考・引用文献

- 1) 「情報専門職の養成に向けた図書館情報学教育体制の再構築に関する総合的研究(LIPER) 報告書」, 2006年

- 2) これからの図書館の在り方検討協力者会議, 「司書資格取得のために大学において履修すべき図書館に関する科目の在り方について(報告)」文部科学省報告資料, 2009年
- 3) 斎藤泰則, 「わが国の司書養成の枠組みとその意義」, 『司書 司書教諭課程年報』, 巻6, pp. 13-19, 2006年
- 4) 鄭俊如ほか, 「情報化社会における司書・司書教諭の教育に関する一考案 —九州女子大学の取り組みを事例として—」, 『図書館学』, No. 101, pp. 23-26, 2012年
- 5) 鄭俊如ほか, 「図書館司書課程における情報技術教育に関する検討」, 『図書館学』, No. 105, pp. 31-35, 2014年
- 6) 吉田大介ほか, 「司書課程科目「図書館情報技術論」の科目内実の展開構想」, 『情報学』, 巻8号2, pp. 32-38, 2011年
- 7) 松下鈞ほか, 「情報化社会における図書館情報学教育の可能性」, 藤女子大学, 2006年
- 8) 情報科学技術協会, 「検索技術者検定」HP, <http://www.infosta.or.jp/examination/> (2015. 12. 22 最終確認)

(原稿受付 2015年 12月)

若手・中堅の心の専門家が臨床現場外で集う意義

友納艶花¹・浅海健一郎²・顧 佩靈³・高橋大樹⁴・張 彩虹⁵

(¹九州女子大学・²九州大学大学院人間環境学研究院・³合同会社 AIM 総合サービス・

⁴肥前精神医療センター・⁵福原学園)

The importance of non-senior psychologists getting together in a non-clinical setting
Enka Tomono, Kenichiro Asami, Peiling Gu, Daiki Takahashi, Caihong Zhang

Abstract

With the national certification of psychologists' approval by the Diet in September 2015, expertise of clinical psychologists (including those already practicing) is of increased importance. However, research into non-clinical activity of clinical psychologists after post-graduate study completion is lacking. This paper examines the effect of regular participation by junior / mid-career clinical psychologists in a non-workplace 'Fukuoka Clinical Psychology Research Group'. Four mainstay members of the voluntary attendance group were interviewed about its importance. The results illustrated its usefulness as 'somewhere one can be assured of receiving indirect work support', 'expanding one's perspective via intellectual stimulation', and 'enabling an expert's pursuit of vocational identity'.

Keyword : junior / mid-career experts, gathering in non-workplace settings, Fukuoka Clinical Psychology Research Group

1. はじめに

2015年9月9日に心理職の国家資格である「公認心理師法」が国会で承認され、これまでの臨床心理士を含む心の専門家にはますます高度な専門性が求められることになる。現在、心理士・心理相談員・スクールカウンセラー・臨床心理士・セラピスト・心の専門家など職場によって様々な呼び方があるが、本稿では、岡本(2007)の“心理臨床業務を行う者の総称”の定義を用いて「心の専門家」と統一して称する。

なお、心の専門家になる志望動機に関し、心への知的関心、自己の問題解決のための情緒的苦悩の体験、或いは専門的援助に憧れを持つなど様々な動機で心の専門家を志していることが示されている(上野・金沢, 2015)。そして、素人の段階から専門家となり引退までの過程が段階に分けられている。訓練の開始から熟練者の模倣、自分なりのやり方の探究の段階を経て、専門家としての統合は大学院を終えて数年経った6段階に始まり、7段階では個性化・個別化を確立し、8段階で引退を間近に一層个性的になる(Skovholt et al, 1995)。若手・中堅の

場合、大学院修了後から上述の7段階に進む過程に位置し、職業的発達が形成される重要な時期に直面していると言える。

近年では、いじめ、不登校問題をはじめとして、児童虐待や発達障害など特別な支援を必要とする児童生徒への対応やスマホ・ゲームなどインターネット普及に伴う新しい問題が多様な形で現れ、心の専門家に対する役割や期待は増大している。ところが、職場では心理職として単独で配置されていることが多く、個々の人の力量や経験が問われる現状がある(森山ら, 2015)。大学院を終えた若手・中堅の場合、勤務の中で多くの疑問や葛藤を持ちながら業務を行っていることが見られている。さらに、田畑ら(2007)は、大学院修了直後と臨床心理士資格取得後の方を対象に大規模実態調査を行った。結果、若手にとってはスーパービジョンを受けたいと思っているが、実際の人脈や時間・金銭面などの制約によって受けることができていないことが多い現状を明らかにした。

一方、臨床心理士の養成課程における取組について在学中の臨床心理学を学ぶ院生を対象と

した研究（森田ら，2008）は多く見られる。しかし，大学院修了者の研究においては，心理療法における特定の技法による効果検討やクライアントとのかかわりについての事例の臨床研究が大半である。若手や中堅者の研修や教育について検討した研究報告は少なく（岩井，2007），さらに自主的に行う研究会に関する報告はあまり行われていない。

そこで，本稿では若手・中堅者である筆者らが臨床現場外で「福岡心理臨床研究会」（以下，研究会）に集うことを取り上げる。その際，参加メンバーであり，現在の主要構成員のうちの4名（第2著者～第5著者）に活動参加への私見を述べてもらい，臨床現場外で集う意義を考察したい。

2. 研究会の概要

【研究会目的】：心理臨床業務への理解を深め，対人援助職者としての心理的成長を目指し自己研鑽し，更に地域における心理援助の在り方を探索する。

【研究会の概略】：第1著者（研究会代表，大学教員）の呼びかけでほかの著者らを含めた構成員で本研究会が立ち上げられ，約3年間活動が続けられてきた。概ね2ヵ月に1回90分で開かれている研究会には様々な領域で働いている若手・中堅者が参加しているのが特徴である。

心理職の働き方の話，心理療法や事例検討，論文の研究発表，交流会，講演会，参加者の意見を取り入れた自主企画，臨床活動のサポートなど多様な形式で進めている。オープン形式で，コーヒーを飲みながら，肩肘を張る必要のない空間の中で検討をしながら和やかな時間を過ごす事ができる。

3. 臨床現場外で集うことへの各構成員の私見

【構成員1】研究会の立ち上げ時に主要構成員として参加。大学で学術協力研究員をしながらのフレックス制勤務。臨床実践先での職務内容は，厚生労働省の事業である「地域若者サポートステーション」及び「ひきこもり地域支援センター」の運営・相談業務に係わっている。主に2つの支援機関の中で，クライアントの問題全般に関わりながら，他専門職との連携を取る

調整役をしている。

【構成員1の私見】：第一に，違った臨床現場における若手・中堅の心の専門家の果たす役割と日頃の臨床実践への新たな見方が与えられる。私の場合，他職種が協働して支援に取り組む現場に関わっているが，病院などで医師や看護師など他の専門職と協働して臨床実践を行う他の心理職の状況を聞くことで，各々の心理職の現場や置かれた状況は異なっても，求められる役割はその専門性に伴って定まってくるため，心の専門家の役割について改めて考える良い機会となっている。

第二に，現場外で話せる機会があることは，心の専門家同士の横のつながりが与えられ，安心できる場としての機能も与えられる。職場では，日常的に取り組む現実的な問題への取り組みについて考えることが主となってくるが，職場外で，それぞれ異なる臨床現場で働く心の専門家と情報を共有する中で，現場によって異なる臨床への取り組み方など参考になることが多いと感じている。また日頃の自分の臨床実践を話し，研究会の参加者からフィードバックを受けることで，日常の臨床活動を再確認でき，安心感を得ることができる。これらの臨床実践を共有する場として，職場外の研究会や事例検討会への参加を通して，日頃おかれている現場での実践経験を心の専門家同士で共有することができ，共通している課題，日頃は気づいていない問題や課題について認識することができる。

第三として，多職種の心理職同士が集うことで，心の専門家として果たす役割について再認識を行い，臨床家としてのアイデンティティを確かめる機会ともなる。大学院で心理臨床の教育を受けた後，それぞれ異なる臨床現場で実践を行っているが，現場外で集うことで，大学院で受けた教育を振り返る機会にもなり，心の専門家としてのアイデンティティも再確認しながら，日頃の臨床実践に戻っていくことができる。

【構成員2】研究会の立ち上げ時に主要構成員として参加。民間会社で常勤の専属心理職として働いている。週5日間の勤務。職務内容は，提携学校に心理サポートのサービスを提供することである。学校現場の子ども・保護者を対象としたカウンセリング，教師との連携とコンサルテーションなどである。

【構成員2の私見】：第一に，研究会は心理的支

えになる場となっている。大学院を出てから臨床心理士として学校現場をサポートする職場で働いている。子どもへの援助には、学校内外で連携や教師とのチームワークの重要性を感じる一方で、実際には異職種である心理職が守秘義務を守りつつ、教職員と適度な距離感を保ち、且つ、援助の役割を果たすことは容易ではないことを実感している。臨床心理士の「一人職場」で孤立無援という感じがしばしばあって、悩んだり、揺れが起こったり、その大変さというのは経験上からもよくわかる。もちろん個人スーパービジョンで支えられるという部分がたくさんあるが、それだけでは補いきれない部分がある気がしていた。

そのような状況におかれた時に、研究会で参加メンバーとの交流ができ、語り合い、分かち合うことで仲間が身近にいるのを強く感じた。同じ若手・中堅者だからこそ、同じ境遇にいてお互いの気持ちを共有し、職場での孤独感を和らげることができた。抱えているケースや取り組んでいる研究の本当の大きさは、守秘義務の範囲で話しながら共有して認めてもらえることで、何か支えられている感じがし、さらに実践や研究に取り組む力をもらえたと感じる。また、研究会の活動が継続的に行われていることで、それが参加者のお互いに支え合う形になり、日常生活の励みや安心感にも繋いでいたように思われる。

第二に、先輩や仲間の話を聞くことで、間接的に経験の幅を広げるという自己成長、自己探求を促進する場となっている。研究会を通して、自分の感じていることにより気づきやすくなり、自己理解が促進された。共に学ぶことや共に省みることは自分自身に様々な視点をもたらしてくれた。臨床にはいろいろなスタイルや価値観があり、自分がどこを目指しているのかについてもよく考えるきっかけになった。自分を振り返り、自分の専門職アイデンティティとしての、また自身のあり様の確立・整理はなお一層重要なのであろう。また、松本ら(2008)は身近にモデルとなる方がいることは大切であると指摘している。その方々とのやり取りは、自分の価値観を明確にすることが如く、この研究会が自己探求の場として機能していると思われる。

第三として、情報交流でネットワークを作る場となっている。参加者には、児童相談所のよ

うな公的機関に携わっている方、大学での教育・研究者や学生相談に携わっている方、医療機関、民間団体等で心理相談業務に携わっている方など、多職域の心の専門家が集まっている。違う職場で多様な働き方があり、それらの情報を交流しながら、心理職と他職種の関わり方などを多く知ることができた。様々な現場で心理的支援を行っている同士のネットワークを作り、育てていくことの重要性を考えさせられた。連携を行うということは、保護者・教師・医師との狭い範囲での連携のみに限らず、児童相談所のような公的機関などの援助機関に子どもを託しつつ守るといった幅広く連携を行うことも大事だと考えるようになった。豊かな連携を目指し、より広いネットワーク作ることも、本研究会はそれに接近するものであろうと感じた。

【構成員 3】 初期から研究会の構成員として参加。大学院博士後期課程単位取得退学の後、主に非常勤心理職として週4日間病院勤務。他の臨床の場での掛け持ちもある。病院領域での主な職務内容は、外来での発達障害の疑いのあるお子さんの知能検査やプレイセラピー、及び病棟での発達検査や療育である。

構成員 3 の私見： 第一に、心理士としての働き方や考え方が広がるということである。心の専門家が働いている職場は多岐にわたっており、私自身、病院で働いたり、スクールカウンセラーとして働いたり、大学院付属の相談室で働いたり、さまざまな領域を体験してきた。そこで感じることは、その場その場によって心理士の働き方は異なるということである。例えば、スクールカウンセラーでは個別の面接よりは教師へのコンサルテーションが重視されていたのに対して、相談室では個別の面接を丁寧に行うことがまず必要なことであり、その違いに戸惑う事もあった。

このように、職場に合わせた働き方が求められる中で、この研究会は多様な心理士のモデルを見ることが出来るという点でとても役立っている。学生相談をしている方もいれば、スクールカウンセラーをしている方、児童相談所で働く方も参加されていた。その方々の話を聞く事で、「そういう働き方もあるのか」と自分の考えが広がるようなことが多かった。

第二に、相談が出来る関係が作れることである。心理士は職場の中では少数派であることが

多く、仕事内容も理解されにくい職業と感ずることが多い。おそらく、カウンセリングそのものが説明しにくい事であることや外からは見えにくい事などが関係しているだろう。このような状況がある中で、一方では専門家として扱われ、意見を求められる立場でもある。これでは、働く上での悩みを相談することは難しくなるだろう。その点、この研究会には自分より年上の方が揃っており、その方々からアドバイスをもらうことが出来た。ケースについてそれぞれの職域からのアドバイスを貰えることもあれば、ただ愚痴を聞いてもらうだけの事もあったが、そのことで支えられた部分は大きいと感じる。

第三として、自身の職業モデルの模索ということである。上述内容とも関連するが、心理士は自分の将来像を考えにくいところがある。それは、1人職場のために周りにモデルがいなかったり、居ても少なかったりするからである。ただでさえ不安定な身分であることが多いこの職業にとって、それは大きな不安材料であるだろう。そんな時、他領域であり、しかも年上の方々と接することが出来るのは心強い。その方々を見ながら、自分の数年後のモデルを探ることが出来るからである。また、第二の内容で述べたような、ケースの相談をしながら多様な意見を聞くことは、同時に自分自身のアイデンティティを確認する作業にも思える。「自分には、何となくこの職場は向いていないな…」といった思いや、「こんな働き方をしたい」といった思いの中から、「では、自分はどんな臨床家になりたいのか」を考えるきっかけとして、この研究会は機能しているのではないだろうか。

【構成員 4】 初期は研究会のメンバーとして参加し、翌年から構成員として参加。大学院博士前期課程修了後、臨床心理士資格を取得し、主にスクールカウンセラーとして6年間学校臨床に携わり、現在は非常勤として、学生相談の仕事に週2日間従事している。職務内容は学生の悩み相談、外部機関との連携や教職員とのコンサルテーションなど社会の支援資源を紹介したりもする。ほかには、ボランティアとして、引きこもり若者の支援グループにもかかわり、居場所を提供し、仲間として彼らの話を聞きながら、寄り添う支援を行っている。

構成員 4 の私見： 第一に、多領域で働く心理職とのかかわりを通して、様々な心理臨床の現

場を知ることができて、より視野が広がった気がした。安易な気持ちで心理学を学んでいたのだが、資格を取得するようになって、その難しさを目のあたりにした。知識の足りなさを痛感した。カウンセリングを実施する前に、学校の文化や実態を把握する必要があること、教職員との関係づくりも重要な課題となっていること、学校現場で起きている様々な問題が、その起因と背景の違いにより、違う対応法が求められていることも分かった。同じ地域のスクールカウンセラー仲間同士と交流したり、グループ・スーパービジョンなどの関連研修会にも足を運んだりした。教科書では得られにくい学校臨床の実践に関する知識が増えた。このように同じ領域の研修会で助けられた部分は大きかった。

この研究会は3年ぐらい前から参加しているが、特徴は多領域で働く若手対人援助職者のための集いである。メンバーのみんなが、働く職場が異なるが、同世代の心理職の仲間である。学校臨床の経験しかなく、職場から他領域との連携を求められるケースがある時は戸惑っていた。他領域について、ある程度知識を持っているが、そこで働く心理職との直接的なかわりがほとんどなかった。この研究会で、相互理解できたことにより、今後一層連携しやすくなるだろうと思う。

第二に、多職種の心理職との交流を通して、自分の特徴を知り、自分に合う臨床スタイルを見つける一助となった。日本臨床心理士資格認定協会規定によると、心の専門家として資格取得後にも、その専門資質を維持し向上させ続けるために、生涯学習的に教育研修を受けることが必須になっている。一方、心理士としてクライアントを支えると同時に、自分の精神健康を保つことも重要である。その意味で、同じ若手・中堅同士でお互いに本音で語り合い、励まし合える場で自分の特徴を知ることができた。また、個人的に自分の臨床アイデンティティを育てるために、専門家としての自分自身という人間について見つめる自主的な学び方も大事である。これまで学校現場だけの臨床スタイルで不安を抱いていたが、この会で、様々な職種の臨床現場の話聞くことにより自分の臨床スタイルの再考になったと思う。

4. 考察

今回は、臨床現場外で福岡心理臨床研究会に継続的に参加している構成員の内4名の若手・中堅の心の専門家にそれぞれの私見を述べてもらった内容を取り上げた。そして、多領域で働く心理職者が集う研究会の意義として、1) 臨床現場外での集いが「現場内で働くことを間接的に支える安心できる場」として意義があること 2) 「心の専門家としての成長と職業アイデンティティの探索・形成に繋がる場」として意義があることが考えられた。以下二つの意義について考察を述べる。

1) <現場内で働くことを間接的に支える安心できる場>について

田所ら(2005)は、若手の心の専門家を対象にキャリア形成に関する調査を行い、職場でのサポート体制が未整備であること、それぞれの時期に合ったサポートが必要である点を提示した。今回の構成員らはそれぞれの職場では、心理職が一人であるか、同僚心理職が少なく、他のスタッフとの連携の上で、他のスタッフの要請に応えないとならないことを共通して強く感じていた。構成員2は、「臨床心理士の一人職場」で表現し、構成員3は、職場によって重視される側面が違うことからの戸惑いがあったことを述べている。構成員4は、カウンセリングを実施する前に、配置校の職場の文化や実態把握を行わないといけないことから、様々な問題の背景により異なる対応法が求められ、「多様さに困る」など若手・中堅専門家が働く上で感じている難しさがそれぞれ示されていた。現在の心理臨床業務を行う動機として「他者のために援助を行うことへの意欲」が最も多くみられている(金沢・岩壁, 2013)。つまり、構成員らにもこのような欲求が強いことが推測され、それによって現場内での不安や焦りを感じやすくなったことが考えられた。

また、岡本(2007)は、心の専門家が抱えている仕事上の悩みと困難について職業人としての役割に対する大きな社会的期待を挙げている。社会的要請を感じることで、社会的なプレッシャーがあることを示し、その要請に応えられる技量を身につけなければならないといった経験不足や不安・緊張の存在が示唆されている。場合によっては、心理臨床の仕事に就いている若手の心の専門家自身のバーンアウトをもたらすこ

とがある。本研究会は、特に守秘義務を負っている専門家として特有のストレスを現場外での集いを通して緩和する効果があったことが考えられた。例えば、構成員1の「現場によって異なる臨床への取り組み方などが参考になった」、構成員2の「同じ境遇にすることで気持ちを共有し、職場での孤独感が和らぐ」「継続的に行われていることで日常生活の励みと安心感につながった」、構成員3の「職域からのアドバイスもあるが、ただ愚痴を聞いてくれるだけで支えられる」などである。

臨床活動をより良いものにするためにも、心の専門家にとってはこのような現場外での心身へのエネルギーの補充的な安心で安全な場の存在は必要であることが確認できたと言える。また、若手・中堅の場合は、心の専門家としての役割を積極的に求めようとする時期である。そのため、人の心を扱う心理職だからこそ、自らの心のバランスを保つことができる臨床現場外で集い、自分自身を吟味し、再び臨床現場でどのように自分を活かせるか模索するようになっていったことが推測された。

2) <心の専門家としての成長と職業アイデンティティの探索・形成に繋がる場>について

大学院修了後は、資格更新のための研修が専門知識を維持向上するため必要不可欠であるが、九州地域では開催件数が少なく、受講において経済的、精神的、体力的な負担がかかる場合がある。そういう意味で、この研究会は身近な場所にあり、普段から通いやすく、構成員らを含め自主的に形成されたものである。参加している構成員のそれぞれの私見で述べられている内容から、活用している仕方は様々ではあるが、若手・中堅者としての自己の成長につながっていることが考えられた。

初任者の研鑽に関して、スーパービジョンによる一つの事例についての1対1の指導を受けることは必須であると同時に、できれば仲間と一緒にすることが望ましい(橘, 2002)。心の専門職は楽な仕事ではないため、励ましあったり意見を聞いてもらったりしながら進めることが重要である。構成員3の「先輩が多く、且つ、一つのケースについてそれぞれの領域からのアドバイスをもらえる」「多様な心理士のモデルをみることができる、働き方についての考えが広がるようになった」、構成員4の「視野を広げた」

「会の中で自分の特徴を知り、相互理解ができたことで、自分に合う臨床スタイルを見つける」の内容からは、オープン形式で、無理しないで気軽に参加できるこの会は、職場での独りよがりを防ぐ意味や刺激を受けて視野を広めていくことに意味あることが考えられた。

心の専門家である以上、実践を行なうことが必須であるが、「専門家」という職業アイデンティティを確立するまでには、大学院修了後の自分自身の実践について省察することが大事である。またそれだけではなく、臨床現場で何を感じていたかという働く自己についての省察も重要である。そういう意味で、構成員らにとってこの研究会はアイデンティティを探索する場として意味があると認識していることが考えられた。例えば、構成員1の「他の現場の話聞く中で、日頃の臨床実践への新しい見方が与えられる」「心の専門家の役割について改めて考える機会となる」、構成員2の「間接的に臨床経験の幅を広げることができ、自分が感じていることにより気づきやすくなった」「臨床には様々なスタイルと価値観があるが、自分がどこを目指しているのか、考えるきっかけになった」、構成員3の「自分はどんな臨床家になりたいのかを考えるきっかけとなった」、構成員4の「様々な職種の話聞くことにより自分の臨床スタイルの再考になった」などである。この臨床現場外での会は、改めて自分の仕事を眺めて気づきを得て、見方を広げて、更なる成熟した心理職者に向けての職業アイデンティティ形成に繋げていく場として機能していたと考えられた。

5. おわりに

臨床現場外での集いとしての研究会が概ね3年間継続してきたところで、それぞれの参加者にとって意味があるものとなったことから、今後も活動は続いていくであろう。今後は、多職域の参加者の心の専門家としての成長と職業的発達を促進できる一つの場になるように、この会のモチベーションの維持、魅力を高めるなど活動を活性化するための様々な工夫が求められていると思われる。

<付記>：これまで、この会に係わっていただいた皆様に心より感謝申し上げます。

【引用文献】

- 1) 岩井志保 (2007) : わが国における心の専門家の研究の概観 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 (心理発達科学), 54, 135-142.
- 2) 金沢吉展・岩壁 茂 (2013) : 心理臨床家を志す当初の動機と現在の動機に関する質的分析 明治学院大学心理学紀要, 23, 137-147.
- 3) 松本邦裕・伊藤弥生・本山智敬・姫島源太郎・井家弓歌 (2008) : 臨床の腕を磨く一初心の時期にできること一 九州大学心理臨床研究, 27, 3-11.
- 4) 森田美弥子・岩井志保・松井宏樹・直井知恵 (2008) : 心の専門家のアイデンティティと養成教育 名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要 (心理発達科学), 55, 167-178.
- 5) 森山陽太・小林聡美・鈴木正人・椎谷杏紀子・石塚賢子・鈴木崇弘 (2015) : 初任臨床心理士のグループ勉強会における体験過程 新潟青陵大学大学院臨床心理学, 8, 15-21.
- 6) 岡本かおり (2007) : 心の専門家が抱える困難と職業的発達を促す要因について 心理臨床学研究, 25 (5), 516-527.
- 7) Skovholt TM, Rnnestad MH (1995) : The evolving professional self: Stages and themes in therapist and counselor development. Chichester, West Sussex, UK: Wiley.
- 8) 田畑治・石牧良浩・近藤千加子・左部利真吾・高木希代美・辻貴文・池田豊慶・江口昇勇・生越達美・酒井亮爾・杉下守男・鈴木金彌 (2007) : 修士修了直後、ならびに臨床心理士資格取得後の勤務状況、研修、スーパービジョン等についての調査報告 文部科学省学術フロンティア推進事業研究成果報告書, 201-232.
- 9) 橋玲子・齋藤高雅 (2002) : 新訂臨床心理学特論 放送大学教育振興会, 22-23.
- 10) 田所撰寿・松本浩二・小嶋明子 (2005) : 心の専門家のキャリア形成に関する研究Ⅱ—若手を対象とした意識調査から 明治学院大学心理臨床センター研究紀要, 3, 53-76.
- 11) 上野まどか・金沢吉展 (2015) : 心の専門家の志望動機のタイプと属性の関連についての探索的検討 心理臨床学研究, 33(2), 105-115.

(原稿受付 2015年 12月)

曖昧な刺激の呈示反応と心の概念的意識

-A 女子大学生を対象として-

小沢 日美子

九州共立大学総合研究所

Reaction of ambiguous stimulus presented and conceptual awareness about mind

Himiko OZAWA

Kyushu Kyoritsu University Research Institute

Abstract

Egocentrism, around 5 and 6-year-olds, found remarkable. However, even adults have limits when guessing the mental states of others. Female university students (N = 36) conducted tasks related to ambiguous stimulus (Task 1 figures, Task 2 sentences). In Task 1, it was presented two slides ambiguous stimulus diagram drawn. The results suggested that familiar figure showed that the inner answer often. In Task 2, participants were inquired about mind, and the results were analyzed by focusing on the use, or non-use of the word "emotion.". The group members' free responses using the word "emotion," were considered to represent the concept of "mind" in its entirety very ambiguously, whereas those not using the word "emotion" were considered to focus on explanations from the perspective of "others" and "oneself."

Keywords: *mind, emotion, egocentrism*

1. 問題

1.1 認知発達と他者の心の理解

人は自己を取り巻くさまざまな現象を見ることで捉え、自己において知ることによって捉えている。②前操作期、③具体的操作期、④形式的操作期の4つの段階に分けている。このうち②前操作期にあたる幼児期では、心的操作は不完全だが、言語の組織的習得が始まると同時に象徴機能ができあがってくる。そして、この時期の思考の特徴として、Piaget 理論の中心概念である自己中心性がある。自分の視点に固執して他者の視点の取得ができないという発達の特徴を明瞭に示したのが、Piaget, J. & Inhelder, B (1948) の「三山問題: the three mountains problems」である。この課題では、中央に3つ組に配置された大中小の3つの山をの自己の視点以外からの見えを、いくつかの方法によって尋ねられるものである。およそ6歳過ぎから、徐々に正答が増えるが、5歳後半から6歳過ぎ頃までは、一貫して自己の視点からの見えを答える顕著な発達の傾向を示した。その後、子どもの空間認識を研究する課題として多くの追試研究が行われた。しかし、1970年代以降は、空間認識の発達段階の非妥当性に関する

主張、空間認識における自己中心性への疑問への主張が多くなった。そこでの代表的主張は、「年齢にふさわしい課題を提示すれば、知覚的役割取得能力を示す (Borke, 1975)」であった。Piaget (1948) の批判研究の典型となる Borke (1975) の研究では、3歳児 80%、4歳児 90%の正答率が示された。さらに、Piaget 課題と同一の三山模型で、回転反応をさせると、3歳児 42%、4歳児 67%の正答率が示された。この研究は、Piaget の発達段階説への一つの反証として、また、思考の領域特殊性 (固有性) の典型例としてよく知られている。そして、特定領域の特殊性からは完全に抜けきれていない発達段階では、対象者に即した課題の具体性や熟知性を操作することで課題解決を容易にすることの効果が論じられた。しかし、中垣 (1987) は思考の領域普遍性を主張し、内容の身近さ、行動文脈といった要因による正答増加の効果は、それらの要因が課題の性質を変化させた結果であることを主張した。中垣 (2011) では、Piaget の発達観は認知発達の領域固有性と領域普遍性の対立を止揚した弁証法的発達観としている。領域普遍性において、幼児の発達段階 (②前操作期) は、自己の見えと、

一旦、分離された見えの獲得のための前段階となる。そのため内容の身近さ、行動文脈など、推理や判断が直観作用に依存しているため知覚的に目立った特徴に左右されやすいため、知覚的束縛との葛藤事態では知覚的特性が優勢となると論じられている。先述してきたように Piaget (1948) を端緒とする研究では、対象者にとっての課題の難易度に比して心的操作の未熟な発達段階では、課題の具体性、熟知性、あるいは、課題の身近さ、行動文脈の要因などが、回答に影響を与えると考えられる。そして、対象者にとって難度が高い場合には、自分の視点に固執して他者の視点の取得ができない、あるいは、推理や判断の直観作用への依存が顕著になり得ることが考えられ得る。

1.2 「心の理論」と他者の心の理解

前述の Piaget (1948) は、その後の他者の心の理解研究の端緒を拓いたが、1980年代以降、Piagetの自己中心性概念を凌駕するものとして、「心の理論 (Theory of Mind)」研究が発達心理学領域で進展した。「心の理論」は、Premack & Woodruff (1978) が述べた他者の心を読み取る能力の研究が始まりであるが、その後、数多くの研究が国内外で行われている (cf., Wellman, Cross, & Watson, 2001)。この「心の理論」とは、「目的・意図・知識・信念・思考・ふりなどの内容から、他者の行動を理解したり推測したりすることができる能力 (Premack, & Woodruff, (1978))」として広く捉えられている。直接観察することができないが、特に他者の行動を予測するための「心の理論」をもつということは、個人が自身や他のものに対して心的状態を帰属することを意味している。現在、「心の理論」研究では、乳幼児期、児童期だけでなく、青年期、また、生涯発達をテーマとした研究が進められ、また、「心の理論」発達の多面的な理解も検討されて来

ている。その中で、大学生を対象とした心の理論に関する報告も行われるようになってきている (e.g., 岩田ら, 2006; 前原・斉藤, 2008)。

1.3 目的

幼児期の認知発達過程で生じる自己中心性—推理や判断が直観作用に依存しているため知覚的に目立った特徴に左右されやすい、また、知覚的束縛との葛藤事態では知覚的特性が優勢となるという—の認知的特性は、課題の求める認知的枠組みの検出が困難な対象 (曖昧な刺激) では、大人においても見られるのか、それはどのようにかについての検討を試みる。そのために、課題 I では、曖昧な刺激として図を呈示した観察時の回答について分析・考察する。そして、課題 II では、直感的な人の心の把握時に依存している特徴を検討するため、質問文の回答を分析・考察する。

2. 方法

2.1 調査の課題と状況

2.1.1 調査協力者：A女子大学 36名 (20～21歳)。「心理学」関連授業時に調査協力を依頼して調査用紙を配布した。課題 I の図提示は、教室前方のテレビモニターを使用して一斉に実施した。調査実施の所要全体時間 15分。各図の呈示は 20秒間隔とした。

2.1.2. 材料：課題 I の呈示図は、2種類で課題 A の図 a は、「桜」、「人の顔」、「三角図形」の混合、課題 B の図 b は、課題 A と同じ形で大きさの異なる「三角図形」のみの図とした。いずれも呈示図内の各図の配置数は 6 個ずつだった。回答用紙は課題 I と課題 II 共通、A4 用紙 1 枚を配布した。

2.2 手続き

2.2.1. 実施手順：課題 I = それぞれの呈示刺激を観察して配布した用紙に回答するよう指示する (自由記述)。図 a, 図 b の静止画 2 枚についてを

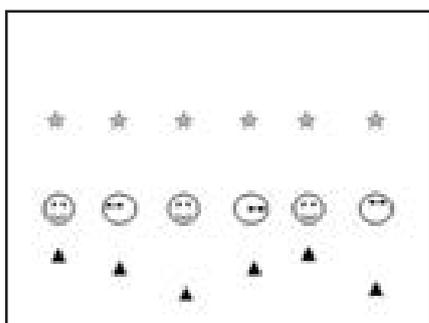


図-1 課題 A 図 a

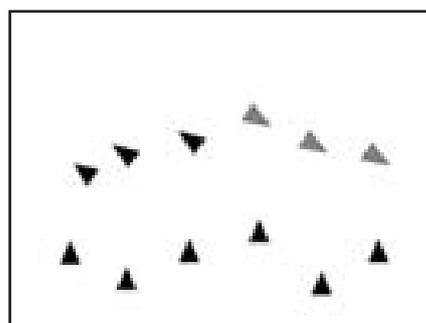


図-2 課題 B 図 b

ここで報告する。教示内容：「これから、いくつかの図を見ていただきます。つぎの図を見て、考えたこと、感じたことを自由に書いてください。課題Ⅱ：人の心の有無に関する質問文への回答を求めた問1、問2のへ回答をここで報告する。問1：「人には、心があると思いますか。はい・いいえ、どちらかに丸をしてください。」(2者択一)。問2：「人に心があると応えた方へ、それは、どのようなものですか(具体的に説明してください)。人に心がないと応えた方へ、私たちが一般に心と呼んでいるものは、どのようなものですか(具体的に説明して下さい)。」(自由記述)。

3. 結果

3.1. 課題Ⅰ

課題A、課題Bの自由記述回答内容について、20答法(Twenty Statements Test : Kuhn,& MvParland,1954)における分析方法を参考に、外面的、内面的、形式的の3つに分類した(一致率94.8%)。その結果を表-1に示す。

課題Aと課題B、それぞれにおける3つの分類の回答間の頻度の差について、 χ^2 結果を行った(3つの分類項目間の回答を%に変換し、期待値についての回答頻度の差について行った)。課題Aでは、 $\chi^2(2) = 8.80$ 、 $p < 0.05$ だった。各2項目間では、外面的と内面的では、 $\chi^2(1) = 8.55$ 、 $p < 0.01$ 、形式的と内面的では、 $\chi^2(1) = 2.69$ 、 $p < 0.10$ 、外面的と形式的とでは、 $\chi^2(1) = 1.76$ 、 $p > 0.10$ だった(ボンフェローニの調整による有意確率を用いた(0.05/3=0.02))。つぎに、課題Bにおける3つのカテゴリー間の回答頻度の差について χ^2 検定を行ったが頻度の差は見られなかった($\chi^2(2) = 2.50$ 、 $p > 0.10$)。

表-1 課題1(課題A、課題B)の回答分類

課題	外面的	内面的	形式的
A	6	17	10
B	11	8	14

※数字は人数

表-2 課題2 問1:「人に心はありますか」

心	あり	なし
人数	34	2
(%)	(94%)	(94%)

※数字は人数

3.2. 課題Ⅱ

問1:「人には心がありますか」についての結果を表-2に示す。「はいいいえ」の回答の頻度の差について、 χ^2 検定を行った。 $\chi^2(1)=36.00$ 、 $p < 0.01$ だった。問2では、理由づけの回答内容によって、「行動」、「感覚」、「思考・意志」、「感情」、「生活・教育」、「生理的機能」の6つに分類した(一致率81.6%)。表-3、図-3参照。これら6つの分類項目間について χ^2 検定により回答頻度の偏りが示された。 $\chi^2(25)=205.00$ 、 $p < 0.01$ 。

つぎに、問2の自由記述の回答理由のなかに、「感情」という語句があるかないかに着目して、回答を「感情」の語句あり群、語句なし群の2群に分けて、そこでの語と語のネットワークの特徴的な傾向について検討するために、KH Coderによる共起ネットワーク分析を行った。その結果を、それぞれ図-4、図-5に示す(※ KH Coderによる共起ネットワーク分析における語(node)の色分け方法は、社会ネットワーク分析での「中心性」による色分けによっている。各語がネットワーク構造の中でどの程度中心的役割か示しているが、また、中心性の高さについては、「媒介中心性(水色)」、「次数中心性(白)」、「固有ベクトル中心性(ピンク)」の順とされている。そして、線で結ばれているかどうかにも意味があるとされる)。

表-3 理由づけの分類(1)

理由づけの分類	感覚	行動	感情	思考・意志	生活・教育	生理的機能
	2	1	23	8	4	3

※数字は件数

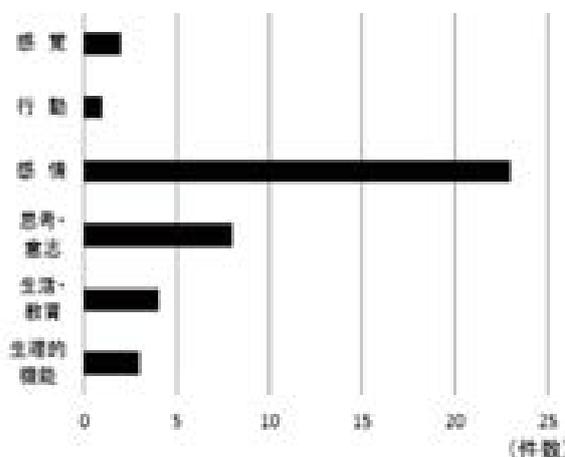


図-3 理由づけの分類(2)

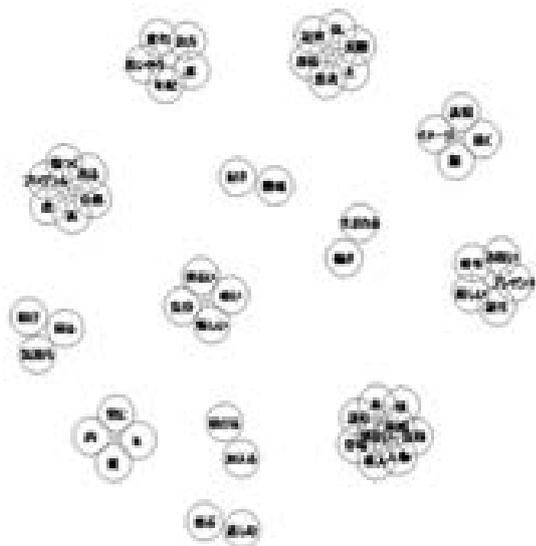


図-4 語句「感情」利用ありの回答群

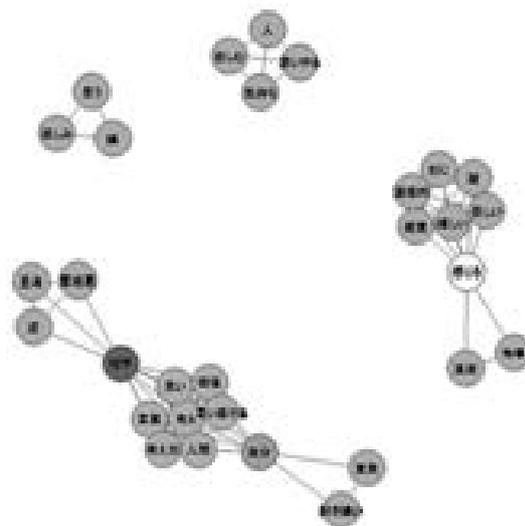


図-5 語句「感情」利用なしの回答群

4. 考察

4.1. 課題 I

課題 A: 回答内容の分類では、呈示した図 a の内容を意味づけしようとしたと考えられる「内面的」な回答人数が最も多く、また、知覚的な特徴から規則性を読み取ろうとする「形式的」回答が つぎに多かった。そして、単純な知覚特徴に関する「外面的」回答数が最も少なかった。課題 B: 回答内容の分類から呈示図 b では、「形式的」「外面的」の順に回答人数が多く、ここでは、「内面的」な内容に関する回答数が最も少なかった。図の配列から、規則性を読み取ろうとしたことが考えられた。とくに、三角図形の特徴への反応が多く見られた。

課題 A と課題 B を比較した際の、「内面的」内容の回答人数の増減については、課題の性質が課題 B に比べ、課題 A では、図の要素（桜、顔）の日常性が高く、具体的なものであったことから、そこに日常的文脈を仮定した理解を試みたことなどが考えられる。

4.2. 課題 II

4.2.1. 問 1 (心の存在)

問 1 では、「人には心があると思うか」を 2 択で尋ねた。「あり」が 34 名 (94%)、「なし」2 名 (6%) だった。一般的に人には心があるという答えが予想される。しかし、「なし」2 名 (6%) がいることは、心とは多様な要素によって構成される概念であることを示唆しているといえる。つまり、人が日常生活を過ごすうえで当たり前のようにあるもの、既に在るものとして捉えられるだけ

ではない、一定の文脈の上に成り立つものとして捉えたことが考えられうる。たとえば、そこに人間らしい心という付加的意味を加えているなどである。その付加的意味を付与するかどうかによって回答が変わると考えられる。

4.2.2. 問 2 (理由づけ)

ここでは、理由づけの回答内容から 6 つのカテゴリーが挙げられた。そのうち「感情」が最も多く 23 件だった。また、「思考・意志」は 8 件で 2 番目に多かった。しかし、人の心の客観的な理解で重視される「行動」は最も少なく 1 件だった。情動的な要素であり、本能的エネルギーとより密接に関連すると思われる「感情」の語句が最も多く用いられた。行動のように客観的視点から捉えられ、また、思考・意志のように認識と密接に関連されうるものなど実証的に取り扱われることが多い心の側面に着目した答えが少なかった。ここでの問いは、心の存在に関して尋ねているため、たとえば、人の心とは何をしているものか、人の心はどのようにわかるか、など人の心の機能、心の状態を問うものではなかった。そこで、「人に心はあるか」という人の心の存在を、哲学的な思考による認識的理解というよりも、ここでは、現実的な感覚、その存在感と関連付けることで、「感情」に着目したことが考えられた。

そこで、ここでは、最も多く理由づけの回答で用いられた語句「感情」に着目して、全回答者を語句「感情」利用あり群、利用なし群の 2 つに分けた。そして、「感情」と関連付けて心の存在を決定づけた心の捉え方と、そうでない心の捉え方

の傾向を探ることとした。その結果について、図-4と図-5に、KH Coderによる共起ネットワークとして示した。図-4の語句「感情」利用あり群は中心化傾向が低かったが、図-5の語句「感情」利用なし群では、語句が線で結ばれており、また、中心化傾向をもつ語句も示された。とくに、「相手」「自分」などが高い中心化傾向を持つ語として示された。したがって、語句「感情」利用なし群では、二者関係(及び三者関係、集団、社会を含みうる関係)を想定するなど、一定の関係性を想定した説明をしていることが考えられる。一方、語句「感情」利用あり群では、語句が線で結ばれていないことから、自己の内的な感覚、や感情を表出して記述し、回答したことが考えられる。人にとって心の存在に関して論ずる際に、「感情」にもとづいた説明は現実的ではあるが、心は存在するという前提に立つものになろう。人に心はあるかないかという問いでは、人と心との関係を問う面も含意されている。この意を読み取り答えるとすると、「相手」「自分」など、人間関係の中での心の在り方について答えることになったと考えられる。前提として人間関係の中で答えることによって、人間以外の対象が持ちうる心と、一旦、切り離して答えることを試みたこと、そこでの認識的な理解のあり方が、共起ネットワーク(図-5)に示されたと考えられる。

5. まとめ

人の発達過程において、とくに幼児期に顕著な認知的特徴として自己中心性概念が挙げられる。その後のユークリッド的空間表彰段階に求められるような視点取得が未熟なために、発達の特徴が生じると考えられている。そこで、大人においても、課題が求める認知的枠組みの検出が容易ではない、ここでは、曖昧な刺激の呈示において、その反応傾向が示されるかどうか、検討を試みた。

まず、課題Iでは、曖昧な刺激図2枚の呈示を行った。受け入れる刺激の日常性がより高い課題(課題A:図a)が、内面的な内容の回答数が多く、抽象性がより高い課題(課題B:図b)が内面的な内容の回答数が少なくなった。課題Iは正答のある問題ではなかった。正誤のある課題では、また、異なった結果が生じることが考えられる。したがって、

つぎに、課題IIでは、心の概念的意識を尋ねた。問1では、人の心の存在の有無に関して尋ねた。

幼児ならば、心がどこにあるのか、心は何なのか、まだ、言語的に整理して答えられない場合も少なくない。ただし、ここでは、大学生である大人を対象とした。「心をもつ」という答えが予想され、また、在るとした回答人数が多数だった。ただし大学生であっても、「ある。そう教わったから」という回答などもあった。日常的には「ある:とされているものだが、存在の有無の理由を応えるために試行錯誤した回答、直感的な回答、整理した理由による回答など、回答にたどり着く過程がそれぞれあった。心を説明する語句の利用をみると、突出して「感情」という語句を用いて理由を説明した回答者数(36人中23人)が多かった。そこで、「感情」という語句を用いた説明の理由も検討するため、語句「感情」利用あり群と、語句「感情」利用なし群に分け、それぞれについて共起ネットワーク分析を行った。その結果、語句「感情」を用いた群では、中心化傾向の高い語句が出現していない、語句と語句とが線で結ばれるようなネットワーク化が見られない結果になった。つまり、大学生である大人でも、人の心について説明を求められると、体験を伴う情動に依拠していることは知っているが、心という概念的知識は比較的曖昧なままであることが考えられる。語句「感情」利用なし群では、「相手」「自分」と「感じる」の語句の中心化傾向が示された。語句「感情」利用なし群では、より人の心の働き一機能に即した記述も見られた。したがって、大人であっても心という概念的意識は未熟な面があること、また、ネットワーク化がより明らかに検出されるような明細な意識化のためには、手がかりや条件の付与が必要であることが考察される。

本研究では、視覚的な刺激として、曖昧な刺激図を、また、言語的な刺激として2つ質問文を用いた。視覚的な刺激条件では、認知的葛藤の処理において、どの特徴との関係を重視するか、ここでは図の日常性の度合いと内面的視点の取りやすさとが関係することが考えられた。また、言語的な刺激条件では、認知的葛藤の処理において、語句「感情」の利用の多さが特徴と考えられたため、語句「感情」に着目して回答を整理し分析した。その結果、語句「感情」を利用した回答者数が顕著に多かったが、語句「感情」利用群の方が、心の存在についての語句間の関連が明確に示されなかった。そのため何も条件や制約を求めずに、「感情」に焦点を当て、人の心の存在を説明しよ

うとすると、その説明が曖昧になり易いことが考えられた。大学生である大人を対象とした、ここの曖昧な刺激の呈示では、呈示図の具体的性や熟知性に関連する日常性の豊富さの影響を受けること、また、心という概念の多義性は心の「感情」に焦点化する度合いと関連することが考察される。

謝辞 本研究にご協力いただきました皆様に心からの感謝を申し上げます。

引用・参考文献

- 1) Borke, H. (1975). Piaget's mountains revisited: Changes in the egocentric landscape. *Developmental Psychology*, 11(2), 240.
- 2) Caldarelli, G., & Catanzaro, M. (2012). *Networks : a very short introduction*. Oxford Univ. Pr. (増田 直紀監修・翻訳、高口 太朗翻訳 (2014). *ネットワーク科学：つながりが解き明かす世界のかたち* 丸善出版).
- 3) 林 創・今中 菜七子 (2011). 幼児期における他者の心の理解の発達——イラストのロボットを用いて—— 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, 148, 69-75,
- 4) 林 昭志・竹内 謙彰 (1994). 幼児に他視点取得は可能か?——Borke 課題の再検討——, *The Japanese Journal of Educational Psychology*, 42, 129-137.
- 5) 樋口 耕一 (2014). 社会調査のための計量テキスト分析——内容分析の継承と発展を目指して—— ナカニシヤ出版.
- 6) 岩田 美保・岩立 志津夫 (2006). 他者の認知的状態と未来の行動の予測に関する実験的検討——大学生を対象としたストーリー図版を用いた検討および幼児のデータとの比較—— 千葉大学教育学部研究紀要(I.教育科学系), 54, 41-47.
- 7) Kuhn, M.H. &, McPartland, T.S. (1954). An empirical investigation of self-attitudes. *American Sociological Review*, 19(1), 68-76.
- 8) 前原 由喜夫・齊藤 智 (2008). 人物への注目が大人の心的推測パフォーマンスに及ぼす影響 日本認知心理学会第6回大会発表論文集, 118.
- 9) 中垣 啓 (1987). 論理的推論における“みかけの主題化効果”について 教育心理学研究, 35(4),

290-299.

- 10) 中垣 啓 (2011). ピアジェ発達段階論の意義と射程 発達心理学研究, 22(4), 369-380.
- 11) Premack, D. G., Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4): 515-526.
- 12) Piaget, J. (1926). *The Language and Thought of the Child*. Landen' Kogan Paul. (ピアジェ, 大伴 茂(訳) (1954). 児童の世界観 同文書院).
- 13) Piaget, J. & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Presses Universitaires de France (Translated by F.J. Langdon, & J.L. Lunzer, *The child's conception of space*, Routledge, & Kegan Paul, 1956).
- 14) Rubin, K.H. (1999). Egocentrism in Childhood: A Unitary Construct? *Child Development*, 44, 102-110.
- 15) 龍輪 飛鳥 (2007). 運動図形のアニメーションを用いた心的帰属研究の展望 京都大学大学院教育学研究科紀要, 53, 313-324.
- 16) 龍輪, 飛鳥 (2008). 2つの運動図形のインタラクシオンの知覚と心的帰属の関係 京都大学大学院教育学研究科紀要, 54, 282-292.
- 17) Woodward, A. L. (1993). *The effect of labeling on children's attention to objects*. In E. V. Clark (Ed.) *Proceedings of the 24th Annual Child Language Research Forum* (pp. 35-47). Stanford, CA: CSLI.
- 18) Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis theory of mind development: The truth about False belief. *Child Development*, 72, 655-684.
- 19) Wimmer, H. & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13, 103-128.

(原稿受付 2015年 12月)

九州共立大学総合研究所紀要投稿規程

1. 投稿論文の内容は、福原学園の教員・職員（総合研究所客員研究員を含む）が行った研究、活動、ならびに福原学園に反映される研究、教育、活動に関するものとする。
2. 投稿者は、福原学園の教員・職員（総合研究所客員研究員を含む）、及び福原学園に属する大学・短大の学生、並びに教員が紹介したもの、および共同で研究を行った者とする。
3. 論文の種類は、査読論文、研究論文、研究報告、技術報告、解説、レビュー、研究および実用化の紹介、教育運営および管理に関する実践事例の紹介、その他とする。
4. 投稿原稿は、以下の各項を満たした場合に限り受理される。ただし、締切日を越えては受理しない。
 - 1) 事前の投稿申込みが所定の期日までになされていること。
 - 2) 別に定める「原稿執筆要領」に従っていること。
 - 3) 原稿の長さは、4頁以上10頁以下であること。
 - 4) 原稿の電子データが電子メール添付で送付されていること。電子媒体での提出も可。加えて、査読論文の場合は、プリントアウトされた原稿2部の提出が必要。
 - 5) 査読論文・研究論文・研究報告の場合には、欧文タイトルおよび英文要旨（Abstract）、キーワードが付されていること。なお、投稿された原稿は、紀要編集委員会において審査（校閲）し、本規程および上記2)の要件を満たしていない場合は書き直しを求めることがある。
5. 著者校正は、原則として再校までとし、レイアウトを大きく崩すことがないよう留意する。なお、校正段階での原文の差し替え、追加、削除は、部分的であれ原則として認めない。
6. 別刷は、原則として1編につき50部を無料で提供する。それ以上を必要とする場合は、著者の実費負担とする。また、特殊な印刷（多色刷り、カラー写真等）を必要とした場合は、著者がそれに伴う分の実費を負担する。
7. 本紀要に係わる著作権については、以下のとおりとする。
 - 1) 掲載された論文等の著作権は著者に帰属する。
 - 2) 紀要編集委員会は原稿の第一次刊行権を有し、版下は紀要編集委員会に帰属する。
 - 3) 掲載論文等に掲載許可等を必要とする第三者の著作物(写真、図版等)が含まれている場合は、著者がその著作権にかかわる許可等の処理を行わなければならない。
 - 4) 掲載論文は、原則として電子化し、九州共立大学総合研究所のホームページ及び九州共立大学リポジトリにおいて公開する。ただし、著者が掲載論文の電子化・公開を望まない場合は、書面にて当該論文の電子化・公開を拒否することができる。
8. この規程に定めるもののほか、紀要の発行および投稿に関して必要な事項は、紀要編集委員会において決定する。

附 記

1. この規程は、平成27年9月8日から実施する。
2. 九州共立大学総合研究所紀要投稿規程（平成21年6月30日制定）は廃止する。

九州共立大学総合研究所紀要 審査付論文の査読要領

1. 九州共立大学総合研究所紀要編集委員会(以下、紀要編集委員会)委員長は、紀要編集委員会を開催し、投稿された原稿に関連する査読者を割り当てる。査読者は、原則、原稿1編につき2名とする。
2. 査読者による査読は、原稿の内容、及び、新規性・発展性・独創性・実用性・信頼性のいずれかについて行なうものとする。
3. 査読者は査読を行なった原稿に対し「無条件使用」、「修正要求(コメント)あり」、あるいは、「不採用」のいずれかを決定し、査読報告書の所定欄に記入する。「修正要求(コメント)あり」の場合はコメント等を記入する。「不採用」の場合は、その理由を記入する。なお、査読報告書の査読者は、無記名とする。
4. 査読者は、別に定める査読報告締め切り日までに紀要編集委員会に査読報告書と査読を行なった原稿を提出する。
5. 紀要編集委員会委員長は、査読報告書と査読を行なった投稿原稿のコピーを投稿者に渡す。
6. 投稿者は別に定める日までに、修正した最終原稿(Word file とpdf file)と査読報告書に対する対応報告書を紀要委員会に提出する。
7. 紀要編集委員会は、論文の採否を決定する。

附 記

1. この規程は、平成21年3月12日から実施する。
2. 九州共立大学総合研究所紀要投稿規程(平成21年2月2日制定)は廃止する。