

## 九州共立大学工学部研究報告



Bulletin of Kyushu Kyoritsu University, Faculty of Engineering

第34号

平成22年2月

## 目 次

多元環の直和の自己同型群 .....	首 藤 武 史 .....	1
Pseudoconvex Domains .....	太 田 友 明 .....	5
Cousin Problems .....	太 田 友 明 .....	7
Coherent Analytic Sheaves .....	太 田 友 明 .....	9
デジタル音響で利用される規格とその変換方法に関する研究 .....	守 啓 祐 .....	11
ネットワークサーバ機器の可動部品の削減または無可動部品化に関する研究 .....	守 啓 祐 .....	17
関門海峡と響灘沿岸の高潮特性について .....	鄒 曙 光 小 島 治 幸 .....	23
明治以降の土木および鉄道に関する省庁の変遷と財政史 .....	畑 岡 寛 田 中 邦 博 .....	29
室境界面の乱反射率を考慮した幾何音響解析法に関する検討 .....	中 野 国 隆 .....	35
その3 実音場モデルにおける音場解析	古 屋 浩 黒 木 荘 一 郎 .....	
携帯型GPSの地理情報システムへの適用に関する研究 .....	亀 田 伸 裕 田 中 邦 博 安 田 繁 楊 斐 菲 譜 久 里 茂 一 .....	41
農産物品種識別法としてのDNA分析法の検討 .....	林 葉 康 彦 小 池 佑 弥 田 中 雄 二 米 村 康 平 塚 脇 博 夫 甲 斐 原 .....	47
洞海湾に自生する絶滅危惧植物の保護 .....	成 富 勝 安 田 繁 壽 福 聡 .....	53

## 多元環の直和の自己同型群

首藤武史

九州共立大学工学部教養学科

On automorphism group of direct sum of algebras

Takefumi SHUDO

Let  $A$  be a finite-dimensional associative algebra over an algebraically closed field and  $A = \Sigma \oplus A_i$ , the direct sum decomposition of  $A$  into indecomposable subalgebras. Let  $\text{Aut}(A)$  [resp.  $\text{Aut}(A_i)$ ] be the the affine algebraic group of all automorphisms of  $A$  [resp.  $A_i$ ] and  $\text{Aut}(A)_0$  [resp.  $\text{Aut}(A_i)_0$ ] the connected component of  $\text{Aut}(A)$  [resp.  $\text{Aut}(A_i)$ ] containing the identity element. Then we show that  $\text{Aut}(A)$  is represented by a group of matrices of certain type and  $\text{Aut}(A)_0 = \prod \text{Aut}(A_i)_0$ , where the right hand side is the direct product of algebraic groups  $\text{Aut}(A_i)_0$ 's. This generalize a result in [2] partially. It follows that the Lie algebra of  $\text{Aut}(A)$  is given by the direct sum of the Lie algebras of  $\text{Aut}(A_i)$ 's. Finally we conclude this paper by pointing out that the indecomposability of an algebra does not mean its automorphism group to be connected.

**Key words:** associative algebra, automorphism group, identity component of algebraic group

## 1. はじめに

この小論文では代数的閉体  $K$  を1つ固定し, 考える多元環はすべて  $K$  上有限次元で結合的であるとし, さらに単位元を持つとする.  $A$  の自己同型全体  $\text{Aut}(A)$  は代数群の構造をもち, この Lie 代数  $L(\text{Aut}(A))$  は  $A$  の導分環  $\text{Der}(A)$  に自然に埋め込まれる.  $K$  の標数が0の場合には  $L(\text{Aut}(A)) = \text{Der}(A)$  が成り立つ ([1]) が,  $K$  の標数が正の場合には,  $L(\text{Aut}(A))$  は一般には  $\text{Der}(A)$  の真の部分集合である.  $L(\text{Aut}(A))$  は  $\text{Der}(A)$  の部分 Lie 代数であるが, その特徴づけに関する研究は殆どない.

[3]で, われわれは,  $A$  が半単純の場合には,  $K$  の標数には無関係に,  $L(\text{Aut}(A)) = \text{Der}(A)$  が成立することを示した. 半単純多元環  $A$  は幾つかの単純多元環  $A_i$  の直和に分解され,  $A$  の自己同型群は, 局所的には,  $A_i$  の自己同型群の直積に同型である. [3]では, このことを代数群と Lie 代数の次元の計

算に帰着させることによって示した. 一般の多元環では, この方法は使えない. この論文では, このことが一般の直和分解に対しても成立することを示す.

代数群の Lie 代数は局所的に決定されるので, その Lie 代数を考えるためには  $\text{Aut}(A)$  の単位元を含む連結成分 (単位元成分) を調べることは十分に意味がある. すべての多元環は直既約多元環の直和に一意的に分解されるので, 先ずこの場合の自己同型群を調べる. これから次の結果を得る. すなわち,  $A$  が多元環  $A_i$  の直和であるとき,  $A$  の自己同型群  $\text{Aut}(A)$  の単位元成分  $\text{Aut}(A)_0$  は  $A_i$  の自己同型群の単位元成分  $\text{Aut}(A_i)_0$  の直積に同型である. これは半単純の場合 [3] の一般化である. この系として,  $\text{Aut}(A)$  の Lie 代数は  $\text{Aut}(A_i)$  の Lie 代数の直和であることがわかる.

§ 2 で多元環の直和分解について一般的なこと

を [4] に従って述べる.

§ 3, 4 で,  $A$  が部分多元環の直和であるとき,  $A$  の自己同型がある種の行列で表されることを示し, 自己同型群の形を決定する. この結果に続いて, § 5 で  $\text{Aut}(A)$  の単位元成分が各直和因子の自己同型群の単位元成分の直積であることを示す. 代数群に関する一般的なことは [1] に従う.

最後に,  $A$  が直既約であっても,  $\text{Aut}(A)$  は必ずしも連結とはならないことを具体例で示す. この詳しい計算は別の機会に譲る.

## 2. 多元環の直既約分解

$A_1, A_2, \dots, A_r$  を多元環とし, 単位元をそれぞれ  $e_1, \dots, e_r$  とする. これらの直和を  $A$  とする:  $A = A_1 \oplus \dots \oplus A_r$ . 成分ごとの積によって  $A$  は多元環であり, 各  $A_i$  は  $A$  の両側イデアルと見なされる. このとき,  $e_i$  は  $A$  の元として中心冪等元であり互いに直交している.  $1 = e_1 + \dots + e_r$  が  $A$  の単位元である.

逆に,  $I_1, \dots, I_r$  が多元環  $A$  の両側イデアルで,  $A$  がこれらの (ベクトル空間として) 直和であるとする.  $1 = e_1 + \dots + e_r$  ( $e_i \in I_i$ ) が 1 の分解であれば,  $e_i$  は互いに直交する中心冪等元であり, 各  $I_i$  は  $e_i$  を単位元に持つ多元環である.

多元環は, 両側イデアルによる直和分解を持たないとき, 直既約であるという. 多元環  $A$  が直既約であるための必要十分条件は単位元 1 が中心冪等元の和に表されないことである.

任意の多元環は両側イデアルによる直和分解を持ち, 各直和因子が多元環として直既約であるとき, この分解は一意的である (例えば, [4]). このような分解を直既約分解と呼ぶ.

## 3. 直和の自己同型

**補題**  $A = A_1 \oplus \dots \oplus A_r$  を  $A$  の直既約分解とする. このとき,  $A$  の自己同型は  $\{A_1, \dots, A_r\}$  の置換を引き起こす.

**証明**  $\sigma$  を  $A$  の 1 つの自己同型とする. このとき,

$A = \sigma(A) = \sigma(A_1) + \dots + \sigma(A_r)$  はまた  $A$  の直既約分解である. 分解の一意的性より, 各  $i$  に対して, 一意的に  $j$  が定まり,  $\sigma(A_i) = A_j$  である. 逆に,  $\sigma$  は同型であるから, 各  $j$  に対してこのような  $i$  はただ 1 つ定まる. すなわち,  $\sigma$  は  $\{A_1, \dots, A_r\}$  の置換を引き起こす.

## 4. 直和の自己同型群

$A = A_1 \oplus \dots \oplus A_r$  を  $A$  の直既約分解とし,  $e_i$  を  $A_i$  の単位元 ( $A$  の中心冪等元) とする. 各  $i$  に対し,  $A$  の 1 次変換  $a \rightarrow e_i a$  を  $\varepsilon_i$  で表す.  $A$  から直和因子  $A_i$  ( $\subset A$ ) への射影である.

$\sigma$  が  $A$  の自己同型であるとき,  $\sigma_{ij} = \varepsilon_i \sigma \varepsilon_j$  とおき, これを  $(i, j)$  要素とする  $r$  次の行列を  $M(\sigma)$  で表す. 上の補題より,  $M(\sigma)$  は, 各行各列にちょうど 1 つずつ 0 でない写像が現れる形をしている.

$$M = \{M(\sigma) \mid \sigma \in \text{Aut}(A)\}$$

とおく.

**命題 1**  $M$  は通常 of 行列の積によって群をなし,  $\text{Aut}(A)$  と同型である.

**証明**  $\sigma, \tau \in \text{Aut}(A)$  とする. 先ず,  $M(\sigma\tau) = M(\sigma)M(\tau)$  を示す.

$M(\sigma)M(\tau)$  の  $(i, j)$  要素  $= \sum_k \sigma_{ik} \tau_{kj} = \sum_k \varepsilon_i \sigma \varepsilon_k \varepsilon_k \tau \varepsilon_j = \sum_k \varepsilon_i \sigma \varepsilon_k \tau \varepsilon_j$ . ここで,  $\tau(A_j) = A_l$  のとき,  $a \in A$  に対して,  $\tau(e_j a) \in A_l$  だから,  $e_l \tau(e_j a) = \tau(e_j a)$ . これから,  $\sum_k \varepsilon_i \sigma \varepsilon_k \tau \varepsilon_j(a) = \sum_k \varepsilon_i \sigma(e_k \tau(e_j a)) = \varepsilon_i \sigma(e_l \tau(e_j a)) = \varepsilon_i \sigma(\tau(e_j a)) = \varepsilon_i \sigma \tau \varepsilon_j(a)$ . すなわち,  $\sum_k \sigma_{ik} \tau_{kj}(a) = \varepsilon_i \sigma \tau \varepsilon_j(a)$ . 従って,  $M(\sigma)M(\tau) = M(\sigma\tau)$ .

$M$  は積に関して閉じており,  $M(\text{id}_A)$  はこの積に関して単位元である.  $M(\sigma)$  の逆元は  $M(\sigma^{-1})$  である.

以上から,  $M$  は群をなし,  $\sigma \rightarrow M(\sigma)$  は群準同型である. すべての  $i, j$  について  $\sigma_{ij} = \tau_{ij}$  であれば, 明らかに  $\sigma = \tau$  であるから,  $\sigma \rightarrow M(\sigma)$  は同型である.

$A_i$  の自己同型群  $\text{Aut}(A_i)$  の  $i=1, \dots, r$  にわたる

直積を  $\prod_i \text{Aut}(A_i)$  と書く. これは次のように  $\text{Aut}(A)$  の部分集合と同一視できる.

$\prod_i \text{Aut}(A_i) = \{\sigma \in \text{Aut}(A) \mid \sigma(A_i) = A_i, i=1, \dots, r\}$   
このとき,

命題2  $\prod_i \text{Aut}(A_i)$  は  $\text{Aut}(A)$  の閉正規部分群で有限指数をもつ.

証明  $i=1, 2, \dots, r$  について,  $\sigma_i \in \text{Aut}(A_i)$  とする. このとき,  $a \in A$  に対して

$$(\sigma_1, \dots, \sigma_r) : a \rightarrow \sigma_1(e_1 a) + \dots + \sigma_r(e_r a)$$

は  $A$  の自己同型である.

逆に,  $\sigma \in \text{Aut}(A)$  がすべての  $i$  に対して  $\sigma(A_i) = A_i$  をみずとする. このとき,  $\sigma$  の  $A_i$  への制限を  $\sigma_i$  とすれば,  $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_r)$  と書ける.

$\dim A_i = n(i)$  とする.  $i=1, \dots, r$  に対して,

$$I_i = \{n(i-1)+1, \dots, n(i-1)+n(i)\}$$

とおき,  $\{a_k \mid k \in I_i\}$  を  $A_i$  の基底とすれば, これらの合併集合  $\{a_1, \dots, a_n\}$  (ただし,  $n = \sum n(i)$ ) は  $A$  の基底で, これに関する自己同型の表現行列を考えると,

$$\prod_i \text{Aut}(A_i) = \{\sigma = (s_{kl}) \in \text{GL}(A) \mid \text{ある } i \text{ に対して } (k, l) \in I_i \times I_i \text{ 以外の } (k, l) \text{ について } s_{kl} = 0\}$$

であるから,  $\text{Aut}(A)$  は  $\text{GL}(A)$  の閉集合である.

$\prod_i \text{Aut}(A_i)$  が  $\text{Aut}(A)$  の正規部分群であることも次のように示される.  $\sigma \in \prod_i \text{Aut}(A_i)$ ,  $\tau \in \text{Aut}(A)$  を任意の元とする.  $1 \leq i \leq r$  に対して,  $\tau(A_j) \subseteq A_i$  とすれば,  $\tau^{-1}(A_i) \subseteq A_j$  であるから,  $\tau \sigma \tau^{-1}(A_i) \subseteq A_i$ . すなわち,  $\tau \sigma \tau^{-1} \in \prod_i \text{Aut}(A_i)$ .

最後に有限指数であることを示す.  $r$  次の対称群  $S_r$  が次のように表されることは良く知られている:

$$S_r = \{(x_{ij}) \in \text{GL}_r \mid \text{各 } i (1 \leq i \leq r) \text{ に対してただ } 1 \text{ つ } j \text{ があり, } x_{ij} = 1, k \neq j \text{ のとき } x_{ik} = 0\}$$

そこで,  $M$  から  $S_r$  への写像  $\phi$  を次のように決める:

$M(\sigma) = (\sigma_{ij}) \in M$  に対して  $\phi(M(\sigma)) = (x_{ij}) \in S_r$  は各  $(i, j)$  に対して,  $\sigma_{ij} \neq 0$  のとき,  $x_{ij} = 1$ ,  $\sigma_{ij} = 0$  のときは  $x_{ij} = 0$  とする.

$\phi$  が群準同型であることは殆ど明らかで,

$$\text{Ker}(\phi) = \{M(\sigma) \mid i \neq j \text{ のとき } \sigma_{ij} = 0\} = \prod_i \text{Aut}(A_i).$$

$S_r$  は有限群であるから,  $\prod_i \text{Aut}(A_i)$  の指数は有限である.

## 5. 自己同型群の連結成分

代数群  $G$  の単位元を含む連結成分を  $G_0$  と書き,  $G$  の単位成分と呼ぶ.  $G_0$  は  $G$  の連結な部分群のうちで最大のものであり, かつまた  $G$  の閉正規部分群で, 有限指数をもつ閉正規部分群のうちで最小のものである.

$A = A_1 \oplus \dots \oplus A_r$  が  $A$  の直既約分解であるとする. 命題2より  $\text{Aut}(A)_0 \subset \prod_i \text{Aut}(A_i)$  である. 代数群の一般論より,  $(\prod_i \text{Aut}(A_i))_0 = \prod_i \text{Aut}(A_i)_0$ . これから,  $\text{Aut}(A)_0 \subset \prod_i \text{Aut}(A_i)_0$  が成り立つ.

逆に, 連結代数群の直積は連結 ([1]) だから,  $\prod_i \text{Aut}(A_i)_0$  は  $\text{Aut}(A)$  の連結な部分群である. 従って逆の包含関係も成り立つ.

次に,  $A_1, \dots, A_m$  が多元環で,  $A$  がこれらの直和であるとする:  $A = A_1 \oplus \dots \oplus A_m$ . 各直和因子  $A_i$  の直既約分解を考えると, それらの直和は  $A$  の直既約分解を与え, さらに,  $A_i$  の自己同型群の単位元成分はこれら直既約成分の自己同型の単位元成分の直積であるから, これらすべての直積は  $\text{Aut}(A)$  の単位元成分である. したがって,

定理  $A = A_1 \oplus \dots \oplus A_m$  が多元環の直和であるとき,  $\text{Aut}(A)_0 = \prod_i \text{Aut}(A_i)_0$  が成り立つ.

この定理と [3] 命題3より,

系  $A = A_1 \oplus \dots \oplus A_m$  が多元環の直和であるとき,  
 $L(\text{Aut}(A)) = L(\text{Aut}(A_1)) \oplus \dots \oplus L(\text{Aut}(A_m))$   
が成り立つ.

## 6. おわりに

$A$  が直既約であっても,  $\text{Aut}(A)$  は連結であるとは限らない.  $S_3$  を3次の対称群とし,  $A = KS_3$  をこ

の群環 (group algebra) とする.  $K$  の標数が 3 のとき,  $A$  は直既約で,  $\text{Aut}(A)$  は連結ではないことがわかる. 計算の詳細は別の機会に譲る ([2]).

#### 参考文献

[1] Humphreys, J. E., Linear algebraic groups, Graduate Texts in Mathematics, no.21, Springer-Verlag,

1975

[2] Ohta, T. and T. Shudo, On Automorphism Group of  $KS_3$ , 準備中

[3] 首藤武史, 半単純多元環の自己同型群と導分環, CAI 紀要 第 10 号, 2008

[4] ファン・デル・ヴェルデン, 現代代数学 3 (銀林浩訳), 東京図書, 1960

# Pseudoconvex Domains

Tomoaki OHTA

Department of Mathematics, Faculty of Engineering, Kyushu Kyoritsu University

**Abstract.** The purpose of this note is to introduce the relationship between domains of holomorphy and pseudoconvex domains of  $\mathbb{C}^n$  in the function theory of several complex variables.

Keywords: pseudoconvex domain, Dolbeault complex,  $\bar{\partial}$ -Neumann problem

## 1. INTRODUCTION

Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain, that is, a connected open subset. Let  $\Omega^c$  be the complement of  $\Omega$  in  $\mathbb{C}^n$ . We put  $\delta(z, w) := \max_{1 \leq i \leq n} |z_i - w_i|$  for two points  $z = (z_1, \dots, z_n)$  and  $w = (w_1, \dots, w_n) \in \mathbb{C}^n$ , which is a distance between  $z$  and  $w$ . We put  $\delta(z, \Omega^c) := \inf_{w \in \Omega^c} \delta(z, w)$  for  $z \in \Omega$ , which is the distance between  $z$  and  $\Omega^c$ . We note that  $\delta(z, \Omega^c)$  is a nonvanishing continuous function on  $\Omega$ . We call  $\Omega$  a *domain of holomorphy* if there exists a holomorphic function on  $\Omega$  which cannot be continued analytically beyond  $\Omega$  even in the sense of multi-valued function. We call  $\Omega$  a *pseudoconvex domain* if  $-\log \delta(z, \Omega^c)$  is a plurisubharmonic function on  $\Omega$ . Let  $C^\infty(\Omega)$  be the ring of complex-valued  $C^\infty$ -functions on  $\Omega$ . Let  $C_{(p,q)}^\infty(\Omega)$  be the space of  $(p, q)$ -forms on  $\Omega$  with coefficients in  $C^\infty(\Omega)$  for  $p, q \geq 0$ . We note that  $C_{(p,q)}^\infty(\Omega) = 0$  for  $p \geq n + 1$  or  $q \geq n + 1$ . We put  $C_{(p,-1)}^\infty(\Omega) := 0$  for  $p \geq 0$ . Let us consider the *Dolbeault complex* for  $p \geq 0$ :

$$0 \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,-1}} C_{(p,0)}^\infty(\Omega) \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,0}} C_{(p,1)}^\infty(\Omega) \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,1}} \dots \\ \bar{\partial}_{p,q-1} C_{(p,q)}^\infty(\Omega) \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,q}} \dots \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,n-1}} C_{(p,n)}^\infty(\Omega) \xrightarrow{\bar{\partial}_{p,n}} 0.$$

Let  $\mathcal{O}$  be the sheaf of germs of holomorphic functions on  $\Omega$ . Then we obtain the following theorems.

**Theorem 1. (Hartogs)** *Every domain of holomorphy in  $\mathbb{C}^n$  is a pseudoconvex domain.*

**Theorem 2. (Hörmander)** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain. Then the  $\bar{\partial}$ -Neumann equation  $\bar{\partial}u = f$  on  $\Omega$  always has a solution  $u \in C_{(p,q-1)}^\infty(\Omega)$  for each form  $f \in C_{(p,q)}^\infty(\Omega)$  with the  $\bar{\partial}$ -closed condition  $\bar{\partial}f = 0$  and each  $0 \leq p, 1 \leq q \leq n$ .*

**Theorem 3. (Dolbeault)** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain. Then  $H^q(\Omega, \mathcal{O}) \cong \text{Ker } \bar{\partial}_{0,q} / \text{Im } \bar{\partial}_{0,q-1}$  for each  $q \geq 0$ .*

**Theorem 4. (Oka)** *For a domain  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$ , the following conditions are equivalent to each other:*

- (i)  $\Omega$  is a domain of holomorphy.
- (ii)  $\Omega$  is a pseudoconvex domain.
- (iii) The  $\bar{\partial}$ -Neumann equation  $\bar{\partial}u = f$  on  $\Omega$  always has a solution  $u \in C_{(0,q-1)}^\infty(\Omega)$  for each form  $f \in C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  with the  $\bar{\partial}$ -closed condition  $\bar{\partial}f = 0$  and each  $1 \leq q \leq n$ .
- (iv)  $H^q(\Omega, \mathcal{O}) = 0$  for each  $1 \leq q \leq n$ .

## 2. PROOFS OF THEOREMS

In this section, we shall show only Theorem 4 although we omit the proofs of Theorems 1,2,3. By Theorems 1 and 2, we obtain (i) $\Rightarrow$ (ii) $\Rightarrow$ (iii). By

Theorem 3, we obtain (iii) $\Leftrightarrow$ (iv). Thus it suffices to show (iii) $\Rightarrow$ (i). By induction on the dimension  $n$ , we shall prove it.

(1) Since every domain in  $\mathbb{C}$  is a domain of holomorphy, we see that (iii) $\Rightarrow$ (i) is true when  $n = 1$ . Now we assume that (iii) $\Rightarrow$ (i) has already been proved for dimension  $n - 1$  and we assume the condition (iii) for dimension  $n$ . It suffices to prove that, for every open convex subset  $D \subset \Omega$  such that a boundary point  $z^0$  of  $D$  lies on the boundary of  $\Omega$ , there exists a holomorphic function on  $\Omega$  which cannot be continued analytically to a neighborhood of  $z^0$ . By applying suitable affine transformation of  $\mathbb{C}^n$ , we may assume that  $z^0 = 0$  and the hyperplane  $z_n = 0$  has a non-empty intersection  $D_0$  with  $D$ . By the convexity of  $D$ , we see that  $z^0 = 0$  lies on the boundary of  $D_0$  and thus on the boundary of  $\omega := \{z \in \Omega \mid z_n = 0\}$ , where  $\omega$  is identified with an open subset in  $\mathbb{C}^{n-1}$ . Let  $j$  be the natural injection of  $\omega$  into  $\Omega$ . Let  $\pi$  be the projection of  $\mathbb{C}^n$  onto  $\mathbb{C}^{n-1}$  defined by elimination of the last coordinate. We put  $M := \{z \in \Omega \mid \pi(z) \notin \omega\}$ . Since  $\omega$  and  $M$  are relatively closed disjoint subsets in  $\Omega$ , we note that there exists a function  $\varphi \in C^\infty(\Omega)$  such that  $\varphi \equiv 1$  in a neighborhood of  $\omega$  and  $\varphi \equiv 0$  in a neighborhood of  $M$ .

(2) For each  $q \geq 0$  and each  $f \in C_{(0,q)}^\infty(\omega)$  with  $\bar{\partial}f = 0$ , there exists a form  $F \in C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  such that  $\bar{\partial}F = 0$  and  $j^*F = f$ . Indeed, for such  $f$ , we note that the form  $\varphi\pi^*f$ , which is defined as 0 where  $\varphi \equiv 0$ , belongs to  $C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  and that  $j^*(\varphi\pi^*f) = j^*\varphi \cdot j^*\pi^*f = 1 \cdot f = f$ . Let us find a form  $v \in C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  such that the form  $F := \varphi\pi^*f - z_nv \in C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  satisfies  $\bar{\partial}F = 0$ , which means that  $\bar{\partial}v = z_n^{-1}\bar{\partial}\varphi \wedge \pi^*f$ . Since the right-hand side of the last equality belongs to  $C_{(0,q+1)}^\infty(\Omega)$  and it is  $\bar{\partial}$ -closed, we obtain such  $v$  by the assumption (iii). Since  $j^*F = j^*(\varphi\pi^*f) - j^*(z_nv) = f - 0 = f$ , we have a form  $F$  as required.

(3) The  $\bar{\partial}$ -Neumann equation  $\bar{\partial}u = f$  on  $\omega$  always has a solution  $u \in C_{(0,q-1)}^\infty(\omega)$  for each  $q \geq 1$  and each  $f \in C_{(0,q)}^\infty(\omega)$  with  $\bar{\partial}f = 0$ . Indeed, by (2), for such  $f$ , we have a form  $F \in C_{(0,q)}^\infty(\Omega)$  with  $\bar{\partial}F = 0$  and  $j^*F = f$ . By the assumption (iii), the  $\bar{\partial}$ -Neumann equation  $\bar{\partial}U = F$  on  $\Omega$  has a solution  $U \in C_{(0,q-1)}^\infty(\Omega)$ . By putting  $u := j^*U$ , we obtain  $\bar{\partial}u = j^*\bar{\partial}U = j^*F = f$  as required. By the assumption of induction, we see that each connected component of  $\omega$  is a domain of holomorphy. Thus there exists a holomorphic function  $f$  on  $\omega$  which cannot be continued analytically to a neighborhood of  $\bar{D}_0$  in  $\mathbb{C}^{n-1}$ . By (2) again, there exists a holomorphic extension  $F$  of  $f$  to  $\Omega$ , which cannot be continued analytically to a neighborhood of  $\bar{D}$  in  $\mathbb{C}^n$ . Hence  $\Omega$  is a domain of holomorphy. The proof is completed.

*Acknowledgments.* The author would like to express his hearty gratitude to Professors Hideaki Kazama, Masakazu Suzuki and Mikio Furushima for leading him to the worlds of Several Complex Variables and Algebraic Geometry. Furthermore the author would like to dedicate this note to the mandatory retirement of Professor Masakazu Suzuki.

#### REFERENCES

- [1] L. Hörmander: An Introduction to Complex Analysis in Several Variables, Third Edition, North-Holland, Amsterdam, 1991.
- [2] S. G. Krantz: Function Theory of Several Complex Variables, Second Edition, Wadsworth, Pacific Grove, California, 1992.
- [3] K. Oka: Sur les Fonctions Analytiques de Plusieurs Variables, Iwanami Shoten, Tokyo, 1961.

# Cousin Problems

Tomoaki OHTA

Department of Mathematics, Faculty of Engineering, Kyushu Kyoritsu University

**Abstract.** The purpose of this note is to introduce the Cousin Problems I and II for meromorphic functions on domains of  $\mathbb{C}^n$  in the function theory of several complex variables.

**Keywords:** pseudoconvex domain, meromorphic function, divisor

## 1. INTRODUCTION

Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain, that is, a connected open subset. Let  $\Omega^c$  be the complement of  $\Omega$  in  $\mathbb{C}^n$ . We put  $\delta(z, w) := \max_{1 \leq i \leq n} |z_i - w_i|$  for two points  $z = (z_1, \dots, z_n)$  and  $w = (w_1, \dots, w_n) \in \mathbb{C}^n$ , which is a distance between  $z$  and  $w$ . We put  $\delta(z, \Omega^c) := \inf_{w \in \Omega^c} \delta(z, w)$  for  $z \in \Omega$ , which is the distance between  $z$  and  $\Omega^c$ . We note that  $\delta(z, \Omega^c)$  is a nonvanishing continuous function on  $\Omega$ . We call  $\Omega$  a *domain of holomorphy* if there exists a holomorphic function on  $\Omega$  which cannot be continued analytically beyond  $\Omega$  even in the sense of multivalued function. We call  $\Omega$  a *pseudoconvex domain* if  $-\log \delta(z, \Omega^c)$  is a plurisubharmonic function on  $\Omega$ . Let  $\mathcal{O}$  be the sheaf of germs of holomorphic functions on  $\Omega$ . Then we obtain the following characterization of domains of holomorphy, which is one of the most important theorems in the function theory of several complex variables.

**Theorem 1.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain. Then the following conditions are equivalent to each other:*

- (i)  $\Omega$  is a domain of holomorphy.
- (ii)  $\Omega$  is a pseudoconvex domain.
- (iii)  $H^i(\Omega, \mathcal{O}) = 0$  for each  $1 \leq i \leq n$ .

## 2. COUSIN PROBLEMS

Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain. Let  $\mathcal{M}$  be the sheaf of germs of meromorphic functions on  $\Omega$ . The sheaf  $\mathcal{O}$  is a subsheaf of  $\mathcal{M}$  and the stalk  $\mathcal{M}_z$  is the quotient field of  $\mathcal{O}_z$  for each  $z \in \Omega$ . Let  $\mathcal{M}^* \subset \mathcal{M}$  be the invertible elements. Let  $\mathcal{O}^* \subset \mathcal{M}^*$  be the holomorphic invertible elements. The quotient sheaf  $\mathcal{M}^*/\mathcal{O}^*$  is called the *sheaf of germs of divisors* on  $\Omega$ , where the quotient is taken multiplicatively. A section of  $\mathcal{M}^*/\mathcal{O}^*$  is called a *divisor*. Then the exact sequence  $0 \rightarrow \mathcal{O} \rightarrow \mathcal{M} \rightarrow \mathcal{M}/\mathcal{O} \rightarrow 0$  on  $\Omega$  leads us to the long exact sequence

$$\begin{aligned} 0 \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{O}) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}/\mathcal{O}) \\ \rightarrow H^1(\Omega, \mathcal{O}) \rightarrow \dots \end{aligned}$$

and the exact sequence  $0 \rightarrow \mathcal{O}^* \rightarrow \mathcal{M}^* \rightarrow \mathcal{M}^*/\mathcal{O}^* \rightarrow 0$  on  $\Omega$  leads us to the long exact sequence

$$\begin{aligned} 0 \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{O}^*) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}^*) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}^*/\mathcal{O}^*) \\ \rightarrow H^1(\Omega, \mathcal{O}^*) \rightarrow \dots \end{aligned}$$

Here we consider the following problems, which are called the *Cousin Problems*.

**Cousin Problems.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain.*

- (i) *Cousin I: Is the quotient map  $H^0(\Omega, \mathcal{M}) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}/\mathcal{O})$  surjective? The problem is said to be always solvable on  $\Omega$  if the answer is affirmative.*

(ii) *Cousin II*: Is the quotient map  $H^0(\Omega, \mathcal{M}^*) \rightarrow H^0(\Omega, \mathcal{M}^*/\mathcal{O}^*)$  surjective? The problem is said to be always solvable on  $\Omega$  if the answer is affirmative.

**Theorem 2.** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain. Then one obtains the following:

(i) If  $H^1(\Omega, \mathcal{O}) = 0$ , then *Cousin I* is always solvable on  $\Omega$ . In particular, if  $\Omega$  is a domain of holomorphy, then *Cousin I* is always solvable on  $\Omega$ .

(ii) If  $H^1(\Omega, \mathcal{O}^*) = 0$ , then *Cousin II* is always solvable on  $\Omega$ .

**Theorem 3.** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain on which *Cousin II* is always solvable. Let  $f$  be a meromorphic function on  $\Omega$ . Then there exist holomorphic functions  $g$  and  $h$  on  $\Omega$  such that  $g$  and  $h$  are coprime at every point of  $\Omega$  and  $f = g/h$ .

**Theorem 4.** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain with  $H^1(\Omega, \mathcal{O}) = 0$ . If  $H^2(\Omega, \mathbb{Z}) = 0$ , then  $H^1(\Omega, \mathcal{O}^*) = 0$ . Moreover, if  $\Omega$  is a domain of holomorphy, then  $H^2(\Omega, \mathbb{Z}) = 0$  if and only if  $H^1(\Omega, \mathcal{O}^*) = 0$ .

*Proof.* Consider the long exact sequence

$$\begin{aligned} \dots \rightarrow H^1(\Omega, \mathcal{O}) \rightarrow H^1(\Omega, \mathcal{O}^*) \rightarrow H^2(\Omega, \mathbb{Z}) \\ \rightarrow H^2(\Omega, \mathcal{O}) \rightarrow \dots \end{aligned}$$

induced by the exact exponential sequence  $0 \rightarrow \mathbb{Z} \rightarrow \mathcal{O} \rightarrow \mathcal{O}^* \rightarrow 0$  on  $\Omega$ .  $\square$

*Acknowledgments.* The author would like to express his hearty gratitude to Professors Hideaki Kazama, Masakazu Suzuki and Mikio Furushima for leading him to the worlds of Several Complex Variables and Algebraic Geometry. Furthermore the author would like to dedicate this note to the mandatory retirement of Professor Masakazu Suzuki.

#### REFERENCES

- [1] H. Grauert and R. Remmert: Coherent Analytic Sheaves, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1984.  
 [2] H. Grauert and R. Remmert: Theory of Stein Spaces, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1979.

- [3] R. C. Gunning and H. Rossi: Analytic Functions of Several Complex Variables, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1965.  
 [4] L. Hörmander: An Introduction to Complex Analysis in Several Variables, Third Edition, North-Holland, Amsterdam, 1991.  
 [5] L. Kaup and B. Kaup: Holomorphic Functions of Several Variables, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 1983.  
 [6] S. G. Krantz: Function Theory of Several Complex Variables, Second Edition, Wadsworth, Pacific Grove, California, 1992.  
 [7] T. Nishino: Function Theory in Several Complex Variables, American Mathematical Society, Providence, RI, 2001.  
 [8] K. Oka: Sur les Fonctions Analytiques de Plusieurs Variables, Iwanami Shoten, Tokyo, 1961.

# Coherent Analytic Sheaves

Tomoaki OHTA

Department of Mathematics, Faculty of Engineering, Kyushu Kyoritsu University

**Abstract.** The purpose of this note is to introduce the notion of coherent analytic sheaves on domains of  $\mathbb{C}^n$  with its application in the function theory of several complex variables.

**Keywords:** coherent analytic sheaf, locally free sheaf, ideal sheaf

## 1. INTRODUCTION

Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain, that is, a connected open subset. Let  $\mathcal{O}$  be the sheaf of germs of holomorphic functions on  $\Omega$ . An *analytic sheaf* or an  *$\mathcal{O}$ -module* is a sheaf of  $\mathcal{O}$ -modules on  $\Omega$ . An *ideal sheaf* of  $\mathcal{O}$  is an analytic subsheaf of  $\mathcal{O}$ . Here we give some definitions for analytic sheaves.

**Definition 1.** Let  $\mathcal{F}$  be an analytic sheaf on a domain  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$ .

(1)  $\mathcal{F}$  is *finitely generated* if, for each  $z \in \Omega$ , there exist an open neighborhood  $U$  of  $z$  and elements  $s_1, \dots, s_m \in \mathcal{F}(U)$  such that  $\mathcal{F}_w = \sum_{i=1}^m \mathcal{O}_w(s_i)_w$  for each  $w \in U$ . Here the integer  $m$  may differ depending on the point  $z$ . We can define  $\mathcal{F}$  to be finitely generated equivalently by saying that there exists a surjective homomorphism  $\mathcal{O}_U^{\oplus m} \rightarrow \mathcal{F}_U \rightarrow 0$ , where  $\mathcal{O}_U := \mathcal{O}|_U$  and  $\mathcal{F}_U := \mathcal{F}|_U$  are the restrictions of  $\mathcal{O}$  and  $\mathcal{F}$  onto  $U$ .

(2)  $\mathcal{F}$  is *coherent* if the following conditions (i), (ii) are satisfied: (i)  $\mathcal{F}$  is finitely generated; (ii) for each open subset  $U$  of  $\Omega$ , each positive integer  $m$  and each homomorphism of  $\mathcal{O}_U$ -modules  $\varphi : \mathcal{O}_U^{\oplus m} \rightarrow \mathcal{F}_U$ ,  $\text{Ker } \varphi$  is a finitely generated  $\mathcal{O}_U$ -module.

(3)  $\mathcal{F}$  is *locally free* if, for each  $z \in \Omega$ , there exist an

open neighborhood  $U$  of  $z$  and a positive integer  $m$  such that  $\mathcal{F}_U \cong \mathcal{O}_U^{\oplus m}$ .

Then we obtain the following fundamental results for coherent analytic sheaves, which are three of the most important theorems in the function theory of several complex variables. In particular, we see that every coherent analytic sheaf on a domain in  $\mathbb{C}^n$  is locally free except on a small subset.

**Theorem A (Cartan).** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain and let  $\mathcal{F}$  be a coherent analytic sheaf on  $\Omega$ . Then, for each  $z \in \Omega$ , the  $\mathcal{O}_z$ -module  $\mathcal{F}_z$  is generated by finitely many germs at  $z$  of elements of  $H^0(\Omega, \mathcal{F})$ .

**Theorem B (Cartan).** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain and let  $\mathcal{F}$  be a coherent analytic sheaf on  $\Omega$ . Then  $H^i(\Omega, \mathcal{F}) = 0$  for each  $i \geq 1$ .

**Theorem C (Oka).** Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a domain. Then, for each  $m \geq 1$ , every finitely generated analytic subsheaf of  $\mathcal{O}^{\oplus m}$  on  $\Omega$  is coherent.

## 2. APPLICATION

In this section, we shall obtain the following application of coherent analytic sheaves on pseudoconvex domains in  $\mathbb{C}^n$  by Theorems A, B, C in the previous section.

**Theorem 1.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain and let  $M \subset \Omega$  be a closed complex submanifold. Then there exist holomorphic functions  $\{f_i\}_{i=1}^{\infty}$  on  $\Omega$  such that  $M = \{z \in \Omega \mid f_i(z) = 0 (\forall i)\}$ .*

**Theorem 2.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain and let  $M \subset \Omega$  be a closed complex submanifold. Then, for each holomorphic function  $f$  on  $M$ , there exists an  $F \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  such that  $F|_M = f$ .*

**Theorem 3.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain and let  $\mathcal{F}$  be a coherent analytic sheaf on  $\Omega$ . Assume that there exist  $f_1, \dots, f_m \in H^0(\Omega, \mathcal{F})$  such that the germs  $(f_1)_z, \dots, (f_m)_z$  generate  $\mathcal{F}_z$  for each  $z \in \Omega$ . Then, for each  $g \in H^0(\Omega, \mathcal{F})$ , there exist  $g_1, \dots, g_m \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  with  $g = \sum_{i=1}^m f_i g_i$ .*

**Theorem 4.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain. Assume that  $f_1, \dots, f_m \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  have no common zeros. Then there exist  $g_1, \dots, g_m \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  such that  $\sum_{i=1}^m f_i g_i \equiv 1$ .*

**Theorem 5.** *Let  $\Omega \subset \mathbb{C}^n$  be a pseudoconvex domain with  $0 \in \Omega$ . Then, for each  $f \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  with  $f(0) = 0$ , there exist  $f_1, \dots, f_n \in H^0(\Omega, \mathcal{O})$  such that  $f = \sum_{i=1}^n z_i f_i$ , where  $z_1, \dots, z_n$  are the standard coordinate functions of  $\mathbb{C}^n$ .*

*Acknowledgments.* The author would like to express his hearty gratitude to Professors Hideaki Kazama, Masakazu Suzuki and Mikio Furushima for leading him to the worlds of Several Complex Variables and Algebraic Geometry. Furthermore the author would like to dedicate this note to the mandatory retirement of Professor Masakazu Suzuki.

## REFERENCES

- [1] H. Grauert and R. Remmert: Coherent Analytic Sheaves, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1984.
- [2] H. Grauert and R. Remmert: Theory of Stein Spaces, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1979.
- [3] R. C. Gunning and H. Rossi: Analytic Functions of Several Complex Variables, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1965.
- [4] L. Hörmander: An Introduction to Complex Analysis in Several Variables, Third Edition, North-Holland, Amsterdam, 1991.
- [5] L. Kaup and B. Kaup: Holomorphic Functions of Several Variables, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 1983.
- [6] S. G. Krantz: Function Theory of Several Complex Variables, Second Edition, Wadsworth, Pacific Grove, California, 1992.
- [7] T. Nishino: Function Theory in Several Complex Variables, American Mathematical Society, Providence, RI, 2001.
- [8] K. Oka: Sur les Fonctions Analytiques de Plusieurs Variables, Iwanami Shoten, Tokyo, 1961.

## デジタル音響で利用される規格とその変換方法に関する研究

守 啓祐

九州共立大学工学部情報学科

A study about the conversion method that are used by digital sound

Keisuke Mori

### Abstract

From the times when we transmitted a voice signal in analog, we recorded it by a digital mark and came to transmit it, and dozens of years passed. By the present when a digital method was in the mainstream, it was miscellaneousness what the standard that there was few of the kind by the analog times. Therefore it was hard to occur that I cannot handle voice signal itself even if quality deteriorated by the analog times or there was the problem that standard levels were different. However, it is natural for reproduction not to be possible at all when a standard does not match in the case of the digital. I examine the method that I can easily convert with cheap machine parts.

Keywords: digital sound, voice signal, A/D, D/A, acoustic standard

### 1. 緒言

音声信号をアナログの状態では伝送していた時代から、デジタルで記録伝送するようになり数十年を経ている。時代の経緯に伴いアナログの時代では種類の少なかった各種方式が、デジタルになり多種多様な形態が増えてきた。そのためアナログの時代では品質が劣化するまたは基準レベルが異なる等の問題はあっても音声信号そのものが取り扱うことは出来ないということは発生しにくかった。しかし、デジタルの場合は規格が合わない場合はまったく再生が出来ないのが当たり前である。ここでは、現在取り扱われているデジタル音響の規格を整理し、現在入手可能な機器のうち比較的安価な機材でそのハンドリングを簡易化できる可能性に関して述べている。

### 2. 収録する方法

デジタル機器が利用されるようになった順番として業務機器で使われた後に一般に普及するといった順番が一般的である。一般的に音声信号は、PCM (pulse code modulation) と呼ばれる変換を行いデジタルに変換する基本的にどの規格も圧縮の方法が違うものもあるがデジタル変換 (A/D 変

換) の基本的な手法である。これを実現させるための、規格が数多くあり実際に利用する際には障害になる。初期のデジタル記録は PCM プロセッサと呼ばれる機器を使って実現された。これは、音声信号を PCM 変換しそれを記録するため音声信号より高密度の記録が出来たビデオ録画機器と組み合わせ利用した。その後記録媒体として 1980 年に CD が 1987 年に DAT の規格ができた。記録する形としては一般にも手の届くところまで来たが、デジタルで伝送するにはまだ様々な問題があった。基本は、著作権をめぐる媒体からのコピーの問題である。基本的にデジタル記録はアナログと異なりコピーを行う場合は品質の劣化を伴わない。そのため著作権団体からコピーを制限する機構が求められた。そのため、デジタル音響機器を利用する場合には自分で録音したものであってもコピーの制限がある問題があった。CD の規格 (正確には CD-DA (Compact Disc Digital Audio)) では、いくつかの規格が存在するがサンプリング周波数、44.1kHz で量子化ビット 16bit チャンネル数 2ch である。基本的にコピー禁止方式は規格化されていない。その後発売された DAT から順次コピーの制限が加わりデータの取り扱い

いが難しくなってきた。デジタルでこの信号を扱う方式として大きく2つの方式がある。1つは民生品を対象とする S/PDIF (Sony Philips Digital InterFace)で、端子の種類は、光デジタル音声端子(オプティカル)・同軸デジタル音声端子(コアキシャル)が、IEC60958 (-3)および EIAJ RC-5720B で規格化されている。もう1つは業務用で利用されている AES/EBU (Audio Engineering Society/ European Broadcasting Union) である(図1, 2)。基本的に信号プロトコルは同一であるので互換性はある。しかし、コピーマネジメントが SPDIF にはあるためバックアップ等のコピーが自由に行えない。方式として、SCMS (Serial Copy Management System) と呼ばれる方式でデジタルとしてのコピーは1世代に限られる。デジタルコピーが出来るためには、物理的な接続端子が接続可能なこと、デジタルの信号規格が解釈可能なこと、コピー制限がないこと等の全ての項目が満足される時に限られる。研究用途オリジナルのバックアップが行いたい時は、コピーコントロールのない業務系の録音機を用いるのが最も簡単であるが機器の価格が高くなる傾向がある。加えて、一般的に XLR 端子を用いる AES/EBU の端子の結線であるが、国や時代によって結線が異なることがある。基本的に2番がホット、3番がコールド、1番がグラウンドであるが利用する機器全てで確認した方がよい。日本の機器でも民生製品で出荷当時から違うもの、業務機器では他の利用機器の関係により出荷後スタジオ等で改造が施されているものもおおい。

ここまでは基本的に2チャンネルの信号を記録する場合であるが、多チャンネルに対応する必要がある場合は別の方法が必要である。いくつかの方法が存在するが、基本は SPDIF または AES/EBU を2チャンネルごとに複数接続を行う方法または、8チャンネルごとに接続を行う方法が存在する。基本的にはPCMプロセッサを介してビデオデッキに記録する方法と同一であり、米国 ALESIS 社が開発した ADAT (ALESIS DIGITAL AUDIO TAPE) (図3, 4) または日本ティアック社の DTRS 規格が広く利用されている。業務用の多チャンネルデジタル伝送では事実上の標準的な地位を得ている。業務用のマルチトラックレコーダでは3M, ソニー, ティアック, 松下, Studer が製品を供給していた、SONY の PCM3348 等は今でも根強く利用されている。しかし、ここでは、

2チャンネルの記録を中心に述べるので多チャンネルは詳細には触れない。

PCM 異なる方式では、DSD (direct stream digital) CD のサンプリング周波数の64倍(2.824MHz)、1ビット量子化でデジタル変換されたパルス信号を、PCM 変換せずに直接記録する方式。アナログ波形の振幅の変化がパルスの密度で表される。データ量は、一般のCDの4倍、原理的には1.4MHzまで周波数特性を伸ばすことができる方式である。スーパーオーディオCD等で市販されているが方式が異なるのでデジタルとしての変換は難しいので本稿では取り扱わない。

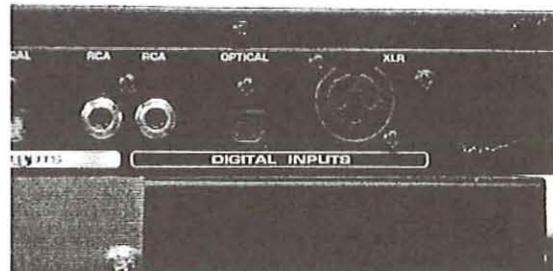


図1 デジタル接続コネクタ右から XLR 端子 (AES/EBU), OPTICAL, RCA 端子



図2 デジタル接続コネクタ左上 XLR 端子 (AES/EBU)



図3 ADAT 端子, デジタル信号8チャンネルの多重伝送

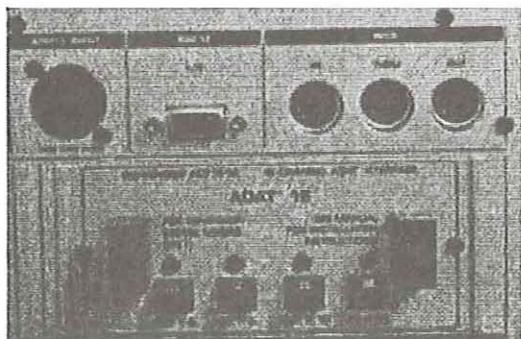


図4 デジタル接続コネクタ右から OPTICAL ADAT 1つのコネクタで8チャンネルこの機器は入力・出力各々16チャンネル

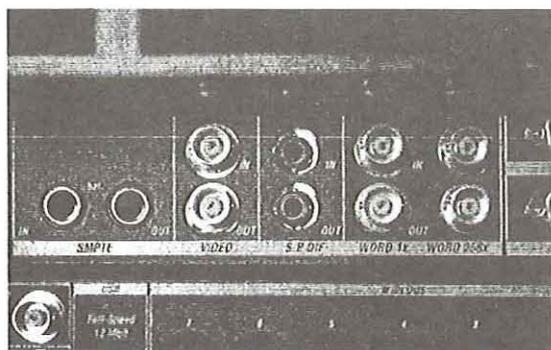


図5 SMPTE, ワードクロック発生器 BNC 端子 そのほかで基準信号を各機器に供給する

規格として留意すべきものとして、多チャンネルのデジタル信号を同期させるために利用されている、SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) のタイムコードが利用されていることがある (図5)。これは音声だけで多チャンネル化を行う場合とともに動画を音声と映像を別に収録する際にも用いられる。基本的に民製品には取り扱うことが出来る機器は少ないが、業務系の機器は必ず設置される端子の1つである。このような変換を行う機器は非常に高価であるが、近年の機器の低廉化により数万円レベルの機器が販売されるようになってきている。

### 3. デジタル伝送規格変換方法

ここで利用する機器は SRC サンプルレート・コンバータ (sampling rate converter) は特定のサンプルレートで記録されたデジタル信号を、別のサンプル周波数に変換するコンバータである。例えば CD のサンプル周波数 44.1kHz を 48kHz に変換し、サンプル周波数を揃えることでミクシングなどが可能となる。

表1 AES/EBUおよびIEC958TypeII(SPDIF)の使用に関するデータ

タイプ	AES/EBU	SPDIF
接続	XLR	RCA/ オプティカル
運転方法	バランス	アンバランス
インピーダンス	110Ω	75Ω
レベル	0.2V から 5Vpp	0.2V から 0.5Vpp
クロック精度	特になし	I:±50ppm II:0.1% III:可変ピッチ
ジッター	±20ns	不特定

表2 業務用フォーマット(AES/EBU)内におけるコード

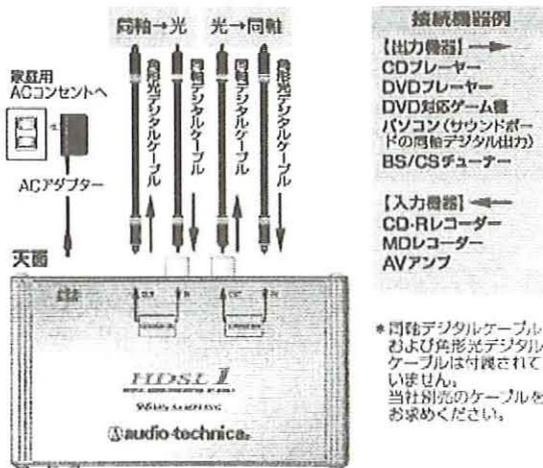
Byte	Bit							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	P/C	Audio	Emphasis		Locked		Sample. freq.	
1	Channel mode				Use of users bit			
2	Use of AUX bits				Sample length		Reserved	
3	Reserved for description of multichannel recording							
4	Audio ref.		Reserved					
5	Reserved							

表3 民生用フォーマット(IEC 958 Type II(SPDIF))内におけるコード

Byte	Bit							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	P/C	Audio	Copy	Emphasis		Mode		
1	Category code						Gen.st.	
2	Source number				Channel number			
3	Sampling frequency				Clock acc.		Reserved	

変換のためにはまず接続が出来ないと変換できない。RCA と XLR の変換は電氣的な接点だけであるので変換ケーブルを作成するだけでよい。オプティカルケーブルと RCA または XLR は変換機器が必要である。例えば、オーディオテクニカ製デジタルオーディオコンバータ AT-HDSL1 等がある。これ以降は、変換装置として安価で比較的性能の良い BEHRINGER(ベリンガー)/SRC2496 Ultramatch Pro を利用する例について

て述べる。(図7, 8)



<http://www.audio-technica.co.jp/products/converters/at-hdsl1.html>

図6 AT-HDSL1 はデジタル信号の“同軸”と“光”を相互に変換するコンバータ。“同軸”→“光”，“光”→“同軸”でのデジタル接続が可能

これにより物理的な接続が可能となる。接続が完了した後は、大きく分けてサンプリングレートの変換とフォーマットの変換を行う。例として紹介している SRC2496 はこの変換機能も有するので非常に便利であるが伝送の関係で外部に設置したい時は独立の機器を使う方が便利である。

SRC2496 は異なるサンプリングレートやフォーマット、インターフェイスのデジタルオーディオ信号を変換します。AES/EBU、S/PDF の他、アナログ XLR 入出力も完備。S/PDIF はオプティカル、コアキシャル選択可能、デジタルパッチベイとしても機能する多機能の機器で販売価格も数万円と非常に安い。このように物理的な接続が出来た後はフォーマット変換を行う。

まず利用法の1つとしてアナログ信号を所定のデジタル信号へ変換する場合、またはデジタル信号をアナログ信号へ変換するは場合の利用を説明する。アナログ信号は RCA または XLR の端子を有しているため特に問題なく接続できる。またデジタル端子も図のように3つの端子を用意しているためほぼ全ての機器と接続が可能となる。このとき利用できる選択肢を表に示す。おこの組み合わせが選択できる。

例えば、アナログ音源の素材をデジタルで収録

を行いたい場合や内臓の A/D, D/A コンバータの性能に問題がある場合等が考えられる。

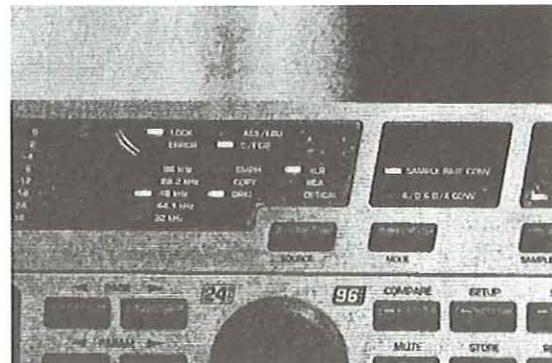


図7 サンプリングレートの変換, 入力部の表示, サンプリングレート, AES/EBU の表示, 入力 XLR,RCA,OPTICAL の表示, コピー禁止フラグの表示

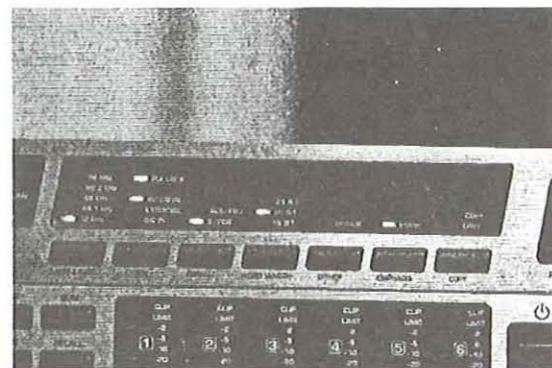


図8 サンプリングレートの変換, 出力部の表示, サンプリングレート, AES/EBU の表示, 量子化ビット指定, XLR,RCA,OPTICAL の指定, コピー禁止フラグの指定

サンプリングレートの変換は 32, 44.1, 48, 88.2, 96kHz が利用できる。DAT の規格として標準的には録音, 再生できるのは 48, 32 kHz である。CD のデジタルコピーが直接出来ないように 44.1kHz は再生のみとなっている。基本的に 48kHz は標準でその2倍のハイサンプリング 96kHz が利用できることもある。CD は 44.1kHz が標準であるがレコーディングの際にはハイサンプリングで2倍の 88.2kHz が用いられることもある。レコーディングの世界では、色々なエフェクトをデジタルで行う際の誤差を減少させるため、最終的な作成サンプリング周波数の2倍または4倍の周波数で作成することが多い。歴史的に CD 作成のサ

ンプリング周波数は DAT で作成されたことが多いので 48kHz のサンプリング周波数を基本としてその倍の 96kHz や 4 倍の 192kHz が用いられることが多い。また、DAT では量子化ビットは 16bit であるが、精度の関係で 20bit または 24bit で記録することも良く行われる。

デジタルミキサーを利用する際のマスターレーブのトラブルの解消のために用いる。デジタルミキサーを使う場合レコーディングの場合は、再生デバイスがマスター、録音中の機器がスレーブとなるので問題はないが、DAT を再生して入力とする際には再生機器が複数、つまりマスターが複数になるので問題がでる。これはデジタルミキサーが同期できるのは 1 つのソースに限られるからである。このよう場合、SRC2496 の外部シンクロ信号を通して入力クロックを集中することにより問題が避けられる。スタジオ等では、自己同期ではなくクロックをより精度の高い機器を使い安定化を図ることが多いので有利である。

民生用機器の SCSM 等のコピー禁止信号が入っているオリジナル録音素材があったときバックアップコピー等を行うために同じ品質でコピーを行う必要がある。このコントロールを行うことが可能になる。コピー可能ビットと、オリジナルビットにより制御される。

エンファシス機能は録音時に音程を上げノイズ低減を図ろうとするものであるが、実際に利用している機器でエンファシスの利用が正しく行われていないことが多い。これを明示的に表示、制御可能とする。これが正しく行われていない場合不明瞭な録音素材になるので本来の素材として利用を可能とする。これは、民生品の信号パターンと業務用の信号の規格がコピーコントロールの部分で民生品しかないこと、その場所にエンファシスのフラグがあることが原因である。

接続のためのケーブルが長い場合やデジタルパッチベイを利用すると、デジタルといえども信号の劣化が起こる。そのため、誤り訂正が発生し結果として品質が悪化する。そのため SRC2496 を挟むことでラインプースター、シグナルリフレッシュャーとして利用する。スタジオ録音の際のダイレクトインジェクションボックス (DI) の様にインピーダンスを調整することにより品質劣化を防ぐような効果が期待できる。

サンプリング周波数は安定しないこともある

のでより安定な外部信号で再同期させることで誤ったサンプリング周波数の修正が可能となる。

様々な端子が用意されているためパッチベイ・スプリッター的に利用することで容易に様々な機器を相互接続が出来るようになる。

#### 4. 内部回路の調査およびタイムコード

DA コンバータは旭化成の AK4393, AD コンバータは AK5393 を利用している。加えて SPDIF には AK4114 が利用されている。このチップ自体はより高価な機器にも利用されている定評のある機器である。サンプリングレートの変換には CIRRUS LOGIC の CS8420 を使っている。1 例としてチップの価格は 1000 円程度であるがピュアオーディオ用製品として内蔵され 50 万以上で販売されているものもある。サンプリング周波数 96kHz までの 24bitD/A コンバータである。入力部分のチップは 192kHz まで対応しているので、ダウンコンバートされることになるが入力は可能である。ノイズ等の品質は非常に優秀である。

オーディオ信号はオーディオ信号だけ単独で利用されることもあるが、多くはビデオ信号とともに用いる。その際に利用されるのが同期用の SMPTE タイムコードである。これは、映像との同期を取るために考えられたものであるため、最小の単位は 1 コマである。基本的にアナログオーディオ信号または、映像信号として記録する。これはフィルム等の利用を考慮しているためである。ここで利用されているようなデジタル機材の場合は、MIDI クロックまたはサンプリング周波数に応じたワードクロックを用いて同期を行う。この機器はワードクロックを用いて同期を行う。業務用では一般的にシンクロナイザーという専用の機器を用い、フィルム映写機、ビデオ、MIDI 機器、オーディオ機器へ基準となる同期信号を供給することで正しい同期を実現している。

SPDIF で利用されている同軸 RCA 端子は種類が固定しているため接続できないことはほとんどないが、光接続の場合は若干の注意が必要である。光端子は、角型の端子と丸型の端子がある。ファイバーを保持している形状が異なるだけであるので変換を施せば信号自体は同一である。しかし形状が違えば接続が出来ない。角型のは、TOS-Link と呼ばれている。丸型は光ミニプラグとも呼ばれ一般的なミニプラグと同じ形状でアナログ機器との排他利用のために利用される。基

本的に角型は据え置きタイプの機器でよく用いられ、丸型はポータブルタイプの機器で用いられることが多い。

### 5. オーディオのレベルの問題

基本的に民生用の機器は基準レベルが-10dBVであり業務用が+4dBuである。しかし業務用はほぼこのレベルが守られているが、民生品はほとんど守られていないといっても良い。コンピュータのサウンドカードは、一般に民生品よりもっとレベルが守られていないレベルはばらばらである。ラインのレベルでさえこういう状態であるので、コンピュータ機器のマイク入力のレベルはよりばらばらである。加えてマイク用のファントム電源の電圧も1.5V~3V程度が出ているものが多いが、本来48Vを基本とする。Webチャット程度であればコンピュータ用のマイクでも特に問題はないが少しでも品質の良い音で収録を行いたい場合は通常のAC97レベルのカードであっても外部のミキサー等にマイクをつないでライン入力をする等を行わない限り明瞭な音は収録できないと思われる。業務用のミキサーであれば、基本的に-10、+4のレベル切り替えは標準的に行っているため小型のミキサーを使うほうが簡単である。または、内臓ではなくて外部にオーディオインターフェースを追加するともっと良い。安価なものなら、1万円以下で入手可能である。このようなインターフェースを使うと、圧倒的に品質が向上する。

民生用の音響機器も標準化が図られていない状態である。コンピュータの音響入力のレベルはより標準化が図られていない状態である。AC97等が規格としてあるが、信号レベルについては一切触れられていない。また、アナログ回路がコンピュータ内部のデジタル回路の近くに設置されているので雑音の問題も大きい。そのため、コンピュータに品質のよいオーディオ信号を入出力するためには、USBまたはIEEE1394等のインターフェース経由で接続した外部接続のオーディオインターフェース機器を接続すべきである。基本に設置されているオーディオ機器は品質は度外視した音が出ればよい程度のもので切り切る必要がある。

### 6. 結論

アナログからデジタルになり信号の劣化を考

慮せずに利用することが可能になってきた反面フォーマットが適合しない接続さえ出来ないといった問題が多く発生している。加えて著作権の問題により、民生用機器においては自分で録音した著作権を持つ素材であっても自由にコピーが出来ない問題がある。また私的録音補償金制度が記録媒体に加えられている問題もあるがここでは技術的な問題について検討した。デジタル伝送を行う場合にはまず接続のための機械的な接続が可能であること、次に信号が記録されている量子化方式等の規格が明らかでないと音声信号として利用できない。本稿では、現在使われている規格の中で特殊なものを除きそのフォーマットの種類と特徴について説明し、相互接続するための物理的な接続のための機器と接続方法を解説した。費用的にも数万円程度の機器費用と接続ケーブルを用意することでほぼ全ての機器と相互接続が出来ることをしめした。規格の特徴を効果的に利用することで、より効果的に音響信号のハンドリングが出来ると思われる。

### 参考文献

- [1]. A R I B 標準規格標準規格 (放送分野) 一覧表, [http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku\\_hoso/hoso\\_kikaku\\_number.html](http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_hoso/hoso_kikaku_number.html)
- [2]. A R I B 標準規格標準規格 (通信分野) 一覧表, [http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku\\_tushin/tsushin\\_kikaku\\_number.html](http://www.arib.or.jp/tyosakenkyu/kikaku_tushin/tsushin_kikaku_number.html)
- [3]. EIAJ (日本電子機械工業会) CP-1201
- [4]. SPDIF, Standard IEC958 "Digital audio interface" from EBU (European Broadcasting Union)<http://www.epanorama.net/documents/audio/spdif.html>
- [5]. 守啓祐, 情報基礎教育における問題点と教材の適切な提供方法, 第57回九州地区大学一般教育研究協議会議事録発表報告書, 2008.
- [6]. 守啓祐, 携帯電話や携帯ゲーム端末を利用したビデオキャスティングの効果の測定, 平成18年度 大学教育・情報戦略大会, C-2, 2006.
- [7]. 守啓祐, C A I を円滑に行うための入出力デバイスと支援ソフトウェアに関する考察—活気のある授業のために, 九州共立大学 CAI 紀要 Vol.7, 2005.

## ネットワークサーバ機器の可動部品の削減または 無可動部品化に関する研究

守 啓祐

九州共立大学工学部情報学科

The reduction of the moving part of the network server apparatus or a study about no moving part

Keisuke Mori

### Abstract

The commercial use of the network begins in 1992, and a network server sponsoring various service on a network always works. A network server became essential, and the time of around ten years passed. The E-mail service applied it at a volunteer level once in the section of the university having a research institute and network-related department. It came to be handed the address of the E-mail to a student at universities by the present. In addition, the E-mail used it on a computer by the past, but I got possible to use even a mobile telephone and got possible to use it at the almost same level that the E-mail of the original method of the mobile telephone used it with a computer now in the days of the early days. When a user used Computer Service Corporation, stable movement became important. I tried that I reduced a moving part as much as possible in order that possibility of the trouble was finished when I included the moving part of the machine part for tackling to trouble by this report.

Keywords: network service, reduction of the moving part, no moving part, the service continuity

### 1. 緒言

ネットワークの商用利用が1992年に始まり、ネットワーク上で各種のサービスを提供するネットワークサーバが常時動作している状態が当たり前の状態になって10年程が過ぎてきた。ネットワークの中で主要なサービスである電子メールサービスも、以前は研究所やネットワーク関係の学部を持つ大学の部門においてボランティアレベルで利用していた状態から、大学等で組織的に学生にも電子メールのアドレスを渡すようになってきた。この時期は、電子メールを利用するには、商用のサービスが存在しなかったためそのような部門に所属する必要があった。その後、商用の電子メールサービスが始まり、現在では無料で利用できる電子メールサービスが多数存在する状態になっている。また、以前では電子メールはコンピュータ上で利用するものであったが、

携帯電話でも利用できるようになり、初期のころは携帯電話の独自の方式の電子メールが現在ではコンピュータで利用するものとほとんど同じレベルで利用できるようになってきた。

一方そのサービスを提供するネットワーク機器もある程度は変化してきたが、利用者側の環境に変化に比べると大きな変化は見られていない。CPU等の性能やメモリの大容量化は見られているが、根本的な変化は起こっていない。その中でも、安定動作や故障への対処といった問題が、提供されるサービスの可用性が重視されるに伴い重要になってきている。本稿では、故障への対処として、大規模なサービスを大規模な機器で提供するのではなく、用途に合わせて小規模な機器を各々割り当てることでサービスの全体的な停止を避ける事を対象とする。機器の構成として、機械部品の可動部を含むと故障の可能性があが

るため、現在比較的入手の困難でない機種でその目的に適合させる方法を検討した。

## 2. 本体として利用する機器

サーバ機器として販売されている機器は、安価のなったとはいえまだまだ高価である。加えて、データセンター等で高密度に実装する必要性から19インチの標準ラックへのマウントタイプのものが多い。このような機器はそのケースだけでもかなり高価であり、小規模の設置には不向きである。小規模に設置し安全性も高い簡易の設置方法として以前から用いられていた方法としてノートタイプのコンピュータをサーバとして利用する方法である。この方法は、以前はサーバ機器というとCPU性能が高く、メモリも多く必要とされていたため、ノートタイプはCPU性能も低くメモリの実装の上限も存在するため対応できなかった。しかし近年のノートタイプのCPUの高性能化、メモリの搭載の大容量化で対応が出来るようになってきた。加えてサーバ機器は安定度の向上のために、安定化電源や無停電電源を組み合わせて用いることがおおいが、ノートタイプではバッテリーが当初から搭載されている利点がある。当然ディスプレイ、キーボード等も搭載されているため、簡易に設置するには大きな利点がある。加えて、サーバ機器は廃熱が大きく、そのは熱処理のためのファンの音がうるさいのも問題である。このような点を考慮すると、近年ネットブックとして販売されているAtomというCPUが適当であると思われる。ノートタイプの機器を設置することも1つの方法であるが、このAtomタイプのCPUを据え置きで用いるタイプの製品が数種類あり、今回の用途には適当ではないかと思われる。いくつかのモデルがあるが、日本での入手が容易な機器として完全なファンレスのエプソンのモデルと、ファンがあるエイサーのモデルを選択した。図1にエプソンのモデルを示す。

現在のところハードディスクが搭載されたモデルしか設定がないため、完全な可動部なしにするには、半導体ディスクへの換装が必要である。図2は、エイサーのモデルでファンが搭載されている。他に違いは、標準のメモリが4Gまで用意されていること、グラフィック性能が高いこと等が有利な点である。



図1 Atom搭載ネットトップ EPSON Endeavor NP11-V. CPUにAtom 230(1.6GHz)、SiS672(ビデオ機能内蔵)+SiS968 チップセット、1GBメモリ、160GB HDD



図2 Atom搭載ネットトップ米 acer AspireRevo 標準2GBと4GB(それぞれ最大4GB)というシステムメモリにハードディスクドライブは160GB、CPUはインテルAtomプロセッサ230を搭載。グラフィックスにはNVIDIA IONを採用

今回は、サーバ機器に利用するため、両機器ともCPU、メモリの性能は十分である。違いはインターフェースとグラフィック性能であるが、高速なeSATAに優位性はあるが、グラフィック性能はサーバに直接必要ないこと、ファンレスであること、日本製であること等を考慮してエプソンの機器を選択した。

EPSON Endeavor NP11-Vの詳細の仕様は以下に示す。

CPU

インテル® Atom™ プロセッサ 230 (1.6GHz)  
 チップセット  
 SiS672+SiS968 チップセット  
 メインメモリー/スロット  
 1.0GB ( PC2-5300 DDR2 533MHz SDRAM) /SODIMM スロット (200 ピン) ×1  
 ビデオコントローラー  
 チップセット内蔵 SiS Mirage™ 3+グラフィックス  
 ハードディスクドライブ※3  
 160GB (シリアル ATA 300MB/s 5400rpm)  
 ネットワーク機能  
 1000Base-T/100Base-TX/10Base-T (Realtek 製 RTL8111DL コントローラー)  
 USB  
 2.0×6(前面×2、背面×4)  
 外形寸法 (幅×奥行き×高さ)  
 20×153.5×172.5mm (突起部を除く)  
 74.5×153.5×198.5mm (フットスタンド装着時、突起部を除く)  
 質量 (基本構成時)  
 約 790g (フットスタンド含む)

サーバの消費電力は、サーバ設置時に重要な点である。通常無停電電源の容量は、皮相電力 VA で表す。一方、サーバの消費電力は有効電力 W で表すことが多い。そのためその変換が必要となる。一般に、 $VA = V : \text{電圧 (ボルト)} \times A : \text{電流 (アンペア)}$  である。ただし、電圧はあるけれど、電流が流れない斜線部分以外を無効電力と呼び、この無効電力を含んだ電力を”皮相電力”といい、無効電力を除いた電力を”有効電力”と表す。また、一般的にサーバの力率は 0.7~0.8 である。具体的に負荷率がわかる場合はその数値を使用することでより正確になる。

$$VA = \text{消費電力 (W)} \div \text{力率 (0.7~0.8)}$$

この値以上の、UPS を用意することになる。

ディスクの接続形態である SATA には以下のような種類がある。

SATA1.0	150MByte/sec(1.5Gbps)
SATA2.0	300MByte/sec(3Gbps)

SATA3.0	600MByte/sec(6Gbps)
---------	---------------------

他に用いられる形態として USB と IEEE1394 がある。各々の転送速度は以下のようになっている。

PATA	
UDMA6	133MByte/sec(1.064Gbps)
SCSI	
SCSI-3	320MByte/sec(2.56Gbps)
FiberChannel	1GByte/sec(8Gbps)
USB	
USB 1.0	1.5MByte/sec(12Mbps)
USB 2.0	60MByte/sec(480Mbps)
USB 3.0	600MByte/sec(6Gbps)
IEEE1394	
IEEE 1394a	50MByte/sec(400Mbps)
IEEE 1394b	100MByte/sec(800Mbps)

EPSON の機器は廃熱ファンがないため縦置きのみしか保証されておらず、台数を複数設置する場合には設置場所に合わせて若干の調整が必要であると思われる。また複数台の設置の場合、通常キーボード、マウス、ディスプレイは切り替え気を介して接続することが多く一般的にキーボードマウスは PS/2 端子を用いる場合が多い。一方このような省スペース PC は PS/2 の端子は場所をとるため搭載されていない場合がおおい。そのような場合は、USB 接続のキーボードマウスが利用できる切り替え機を用いるか USB-PS/2 変換機を用いる必要がある。しかし USB が利用できるキーボードマウス切り替え機は安定動作という点では PS/2 より劣る。最も安定であるのはシリアル端子で接続する場合であるが文字だけの接続になる問題があるので基本システムが限定される。また、省スペース機器はレガシーインターフェースであるシリアルは搭載されていないことが多くなってきている。以上の点を考慮して USB-PS/2 の変換アダプタを利用する事を基本とする。

#### 4. 半導体ディスク(SSD)への換装

半導体ディスクとは、一般にフラッシュメモリをハードディスクの形状と同じように利用できるように形状や接続端子を作成された機器である。近年半導体価格の低廉化により加速的に利用

が広がっている機器である。図3に半導体ディスクの例を示す。形状は、2.5インチのハードディスクのSATAと同じで、接点の形状も同様であるので簡単に交換が出来る。

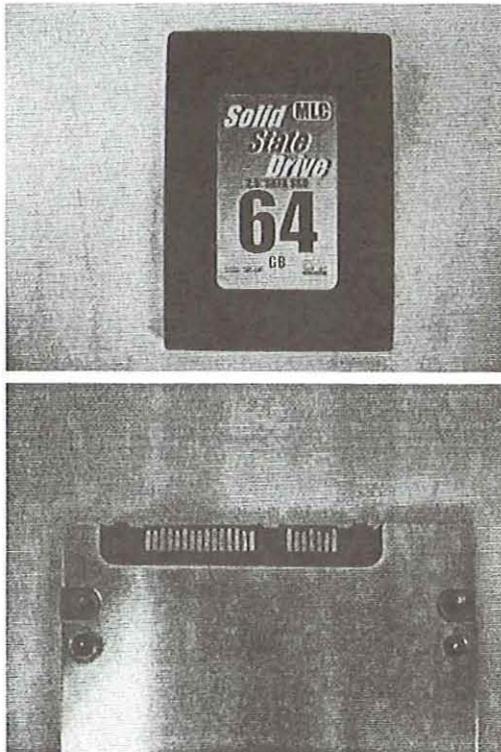


図3 半導体ディスクの例。高速転送タイプ MLC の 64G の容量を持つものである。上図全体形状。下図接点の形状 SATA。

このほかにも半導体メディアとしては、USB 接続フラッシュメモリが良く用いられているが、転送の速度がディスクで用いられる SATA とは異なり低速である問題がある。用途としてこの程度の転送速度が問題にならない場合は洗濯が出来る。図4にUSB と eSATA 接続のフラッシュメモリを示す。

転送速度は USB タイプがこのモデルで 18MB/sec であり、eSATA が 80MB/sec である。USB タイプも高速もあるが 40MB/sec である。eSATA は 100GB/sec を超えるモデルもあるので高速用途は SATA 対応を選択する必要がある。S 転送速度を考えると、USB タイプより eSATA や SATA タイプが優位になる。しかし、内蔵する場合には、筐体をあける必要が出てくるため、メーカーの保証が制限される場合も出てくる。一方外部に USB や eSATA で接続する際には、筐体の外側に

に設置するため設置する場所が広がる問題がある。また、今回利用した eSATA は電源を eSTAT だけではなく USB のコネクタからとる必要があるので設置面積的にはより広がる。

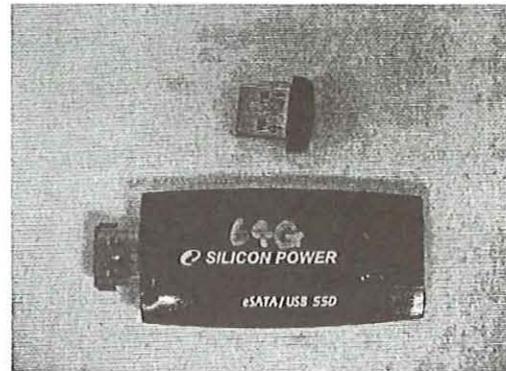
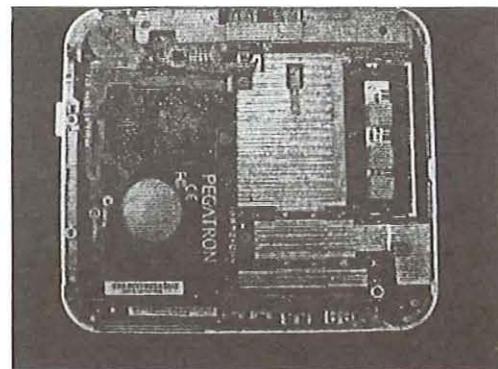
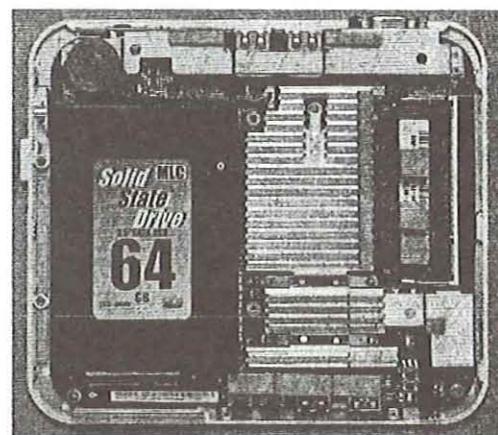


図4 他の方式の半導体ディスクの例。図上 USB タイプのフラッシュメモリ 8 GB。図下 eSATA タイプのフラッシュメモリ 64GB



(a)



(b)

図5 半導体ディスクを図の左の基盤の上に端子を下にして装着する。(a)装着前 (b)装着後

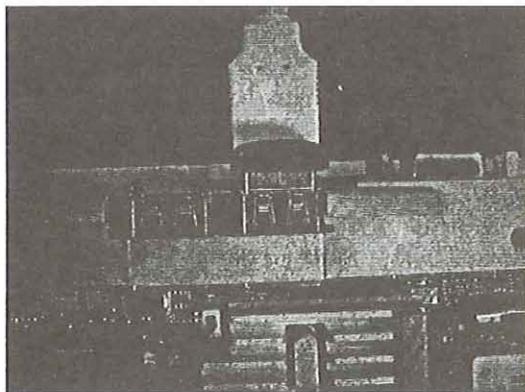


図6 図4の USB を設置した場合の様子。USB コネクタの上のコネクタの黒い部品



図7 図4の eSATA を設置した場合の様子。eSATA の給電だけでは不足なので USB 端子にケーブルを接続して補助給電を行う必要がある

図3のタイプのディスクを EPSON のシステムに内蔵する場合を図5に示す。既に設置されている HDD を SSD に換装した。大きさは同一であるので問題なく設置できている。

スピードは犠牲になるが、小型の USB メモリであると設置場所は図6のように小さくなる。eSATA であると、設置やケーブル接続が必要なため図7のようになる。eSATA は 2008 年一月に電源供給のための規格が作成された。今回利用している eSATA フラッシュメモリも eSATA 経由電源供給対応となっているがまだコネクタ側、フラッシュメモリ側が対応していると eSATA 接続だけでよいが今回の機器は確認が取れなかった。少なくとも、eSATA 接続だけでは動作しなかった。新しい規格であるため、安定的に利用するには時間が必要である。また一般的な規格表には明示されていないため機器を借用する等、実機での実験が必要である。

## 5. オペレーティングシステムの導入

基本的にこの機器には基本システムを導入する際に利用する CD, DVD 等の光学ドライブが搭載されていないため、導入の際には USB 接続等で外付けする必要がある。他に、フラッシュメディアやディスクに事前にコピーしてその内容を読み込む方法もあるが今回は、外付け光学ドライブを用いた。

基本システムとしては、デスクトップ用途では Windows が良く用いられている。同系統ではサーバ用であれば Windows server であるがアカデミック用途でも高価であることディスク容量を多く消費する。今回のようなメールサーバ用の用途では Windows でなくても良いため別の選択をした。通常のサーバ用途であるとディスクのファイルシステムの性能が大きな意味を持つため、今回は FreeBSD 8.0 と Ubuntu 9.10, CentOS 5.0 を比較した。大きく分けて、FreeBSD は安定であるが新しいデバイスへの対応が遅い等の問題がある。今回利用で着ないといけないのは、USB の外部ストレージの動作と LAN の動作である。今回は、デバイスの対応は問題がなかったため、ファイルシステム等の制限が少ない等の理由で FreeBSD 8.0R を選択した。システム自体は、約 4G で導入できる、デバイスの認識に関しても特に問題なく標準の設定とした。今回利用したメモリは購入時の選択の関係で最低限のメモリではなく、大き目のメモリを購入したため余裕があるが、それほど高価な機器でもないため大きな問題とはならないと思われる。交換するとメーカーの保証はなくなるが、通常のノートタイプと同じ、SO-DIMM であるため交換は可能であると思われる。しかし、メモリの上には廃熱用のスポンジブロック設置されているため熱には留意する必要がある。が今回のシステムでは、ネームサーバ BIND, web サーバ apache を導入した。標準システムに搭載されているバージョンを用いた。

今回は選択しなかったが Acer のモデルはエプソンのモデルに比較するといくつかの利点がある。まず、グラフィック性能が ION のチップセットを用いているため、サーバ用途ではあまり意味を持たないが、ビデオの再生等の用途で用いる場合には魅力となる。1例として、キオスク端末でビデオ再生を伴う用途で用いる。または、最近街中で見られるようになってきたデジタルサイネージのような広告用途でビデオを伴う広告を

再生する場合である。このような用途では、加えて無線 LAN が搭載されているため、内容の更新やリモートコントロールを行うことが可能となる利点がある。また、USB フラッシュメモリのほかに eSATA と SD メモリのスロットが搭載されている。eSATA は最大転送速度が 3GB あるので USB フラッシュメモリの 2 倍以上の転送速度が得られる。ただし、eSATA フラッシュメモリはまだ市場で種類が少なく選択肢が少ない問題は存在する。この意味では SD メモリは種類容量とも多数のものが存在し選択肢は非常に多い。また、インターフェースの面ではビデオと音声と同じ線で接続できる HDMI が用意されているため、先のデジタルサイネージ利用の際には大きな優位となる。(図 8, 9)

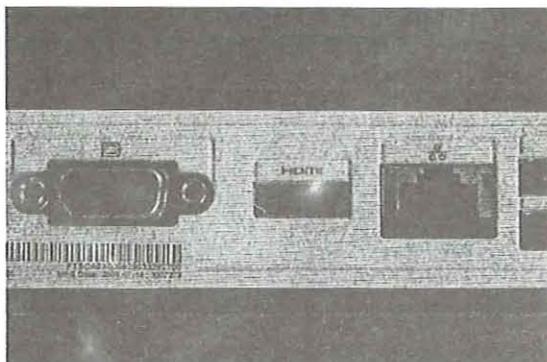


図 8 音声、画像のインターフェース HDMI のコネクタ。



図 9 ストレージのインターフェース eSATA のコネクタ。

サーバ動作をさせた後は、ネットワーク経由で利用時通常のラックマウントのサーバ機器との差はほとんど感じる事の出来るレベルである。

ただし、若干の問題もある、それは設置についてであるファインレスであるため、エアフローはしたから上へとなっている。そのため付属のスタンドを使って通常は縦置きしか出来ない。ために横置きで設置した場合、本体温度が明らかに上昇し危険であった。

## 6. 結論

現時点で、一般的に市販されている機器を用いて、サーバ機器を比較的安価に作成することは特に問題はない。今回、システムの可用性を向上させるため、故障発生率の高い可動部品を出来るだけ少なくすることで、可用性を上げる事を試みた。基本的には機器本体のファンレス、それからハードディスクを半導体ディスクへ換装することにより可動部なしの構成について数例構成し動作実験を行った。現時点では、ハードディスクと同じサイズの半導体ディスクを用いる場合が最も簡便に変更が出来るが、筐体を開ける必要がある。それを避ける意味では、半導体ディスクより低速であるが USB のフラッシュメモリを用いることが可能である。まだ一般的ではないが高速な外付けディスクが必要な場合は、eSATA 接続のフラッシュメモリを利用することで内臓ディスクと同等の速度で読み書きが可能であることが分かった。

## 参考文献

- [1]. 独立行政法人情報処理推進機構, “コンピュータシステムやアーキテクチャに関する知識 (基本レベル)”, [http://www.ipa.go.jp/software/open/osscc/download/basic\\_Guidance\\_03.pdf](http://www.ipa.go.jp/software/open/osscc/download/basic_Guidance_03.pdf), 2008
- [2]. 独立行政法人情報処理推進機構, “ネットワーク・アーキテクチャに関する知識 (基本レベル)”, [http://www.ipa.go.jp/software/open/osscc/download/basic\\_Guidance\\_11.pdf](http://www.ipa.go.jp/software/open/osscc/download/basic_Guidance_11.pdf), 2008.
- [3]. Epson endeavor NP11-V, <http://shop.epson.jp/pc/np11-v/spec/>, 2008.
- [4]. Acer AspireRevo R3600, <http://www.acer.co.jp/acer/product.do?link=oln85e.redirect&changedAlts=&kcond48e.c2att101=-1&CRC=2759084358#wrAjaxHistory=0>, 2009.

## 関門海峡と響灘沿岸の高潮特性について

鄢曙光・小島治幸\*

\*九州共立大学 工学部環境土木工学科

### A Study on Storm Surge Characteristics along the Coasts of the Kanmon Strait and the Hibiki Sea

Shuguang YAN and Haruyuki KOJIMA

In 1990's, in the Kyushu coastal areas landed T9119 and T9918 which generated the recorded maximum storm surge level, and large damages were caused in various places along the Kyushu coastal areas. For disaster prevention, it is important to examine vulnerable areas where the storm surge increases remarkably. This research aims to study through a numerical analysis the storm surge amplification characteristics along the coasts of the Kanmon Strait and the Hibiki Sea by varying tracks. The most dangerous typhoon track is determined to be a course along the south side of the Hibiki Sea from the southwest to northeast direction, generating about 2m of storm surge height.

**Key Words:** storm surge, numerical analysis, typhoon track, Hibiki Sea

#### 1. はじめに

九州沿岸域では、1990年代に入ってから観測史上最大級の高潮が2回発生している。1回目は平成3(1991)年9月の9119号台風(T9119)によるもので、2回目は平成11(1999)年9月の9918号台風(T9918)によるものである。T9119とT9918の規模が大きく、それらによる被害が甚大であったことが伺える。幸いにして、T9119においては干潮時近くに発生したため高潮災害としてはそれほど大きくなかった。一方、T9918は1999年9月24日未明、九州の西の海上から天草諸島を通過して、6時ごろ熊本県北部へ中型で強い勢力を維持したまま上陸した。その後、九州北部から中国地方西部を通過して日本海に抜け本州沿いを北進して、25日2時ごろ北海道渡島半島に再上陸し、オホーツク海へと去った。九州や西中国地方では台風の通過と満潮が重なり各地で高潮災害にみまわれた。特に、熊本県不知火海の湾奥部に位置する不知火町松合地区では高潮と高波によって海水が低水地内一気に流水し12名もの犠牲者がでた。また、周防灘沿岸では浸水被害や護岸堤防の被害が多数起こり、山口県と福岡県の両県で港湾・海岸施設の被害額は100億円以上<sup>1)</sup>であった。この台風による高潮災害については、滝川<sup>2)</sup>や山本ら<sup>3)</sup>、小島<sup>4)</sup>、河合ら<sup>5)</sup>が台風と高潮の特徴や被害状況をまとめている。また、このように沿岸都市においては、台風による高潮災害の危険性が高まる傾

向が見られることから、防災・減災の観点からハザードマップ等のソフト的な対策の整備が緊急の課題となっている。

台風の経路や規模により高潮偏差が著しく増大する危険地域があるか検討することが防災上重要である。このために、モデル台風を想定して高潮数値シミュレーションにより高潮偏差を推定することが必要である。昨年は小島ら<sup>6)</sup>が周防灘海域に対して検討を行ったが、関門海峡と響灘沿岸海域についてはまだ行われていない。本研究では、北九州市の沿岸となる響灘の南岸地域において台風の経路や規模などを変化させて高潮増幅特性を明ら

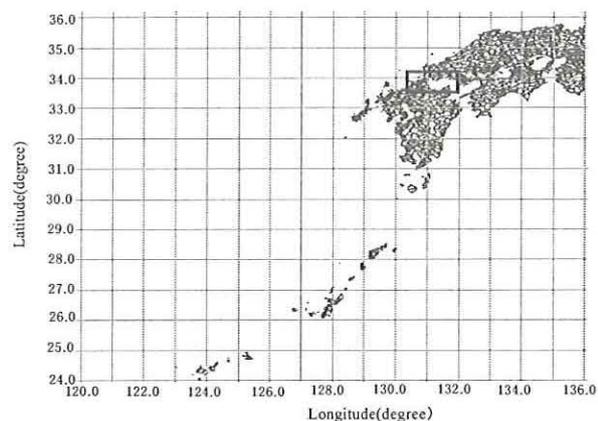


図-1 最大計算領域の範囲

かにし、高潮に対する地域防災計画に役立てることを目的とする。

## 2. 研究内容

### (1) 数値解析法

高潮の数値計算は、次式で表される連続の式と非線形長波理論式(浅水理論式)を数値差分して解く方法を用いた。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) \\ &= fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho} \frac{\partial P_0}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) + A_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) \\ &= -fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho} \frac{\partial P_0}{\partial y} + \frac{1}{\rho} (\tau_{sy} - \tau_{by}) + A_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中の  $M$ ,  $N$  は水平( $x, y$ )方向の流量を,  $\tau_{sx}$ ,  $\tau_{sy}$  は海面せん断応力を,  $\tau_{bx}$ ,  $\tau_{by}$  は海底面せん断応力を表し, それぞれ次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} M &= \int_{-h}^{\eta} u dz = u(h + \eta) = uD \\ N &= \int_{-h}^{\eta} v dz = v(h + \eta) = vD \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{sx} &= \rho_a C_D W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \\ \tau_{sy} &= \rho_a C_D W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{bx}} &= \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \\ \tau_{by} &= \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここに,  $u$ ,  $v$  はそれぞれ  $x$ ,  $y$  方向の流速成分,  $h$  は静水深,  $\eta$  は静水深から上向きの水面偏差,  $f$  はコリオリ係数,  $g$  は重力加速度,  $\rho_a$  は空気の密度 ( $1.22 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ),  $C_D$  は海面の抵抗係数, ( $W_x$ ,  $W_y$ ) は海上 10m 高度の ( $x, y$ ) 成分風速,  $\rho_w$  は海水の密度 ( $1.03 \text{g/cm}^3$ ),  $n$  はマンニングの粗度係数 ( $=0.026$ ) である。台風の影響範囲における気圧分布は, Myers の式を用いて,

$$p(r) = p_c + \Delta p \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right) \quad (5)$$

と表される。ここで,  $r$  は台風中心からの距離,  $p(r)$  は地

点  $r$  における気圧,  $p_c$  は台風の中心気圧,  $\Delta p$  は台風の中心示度,  $r_0$  は台風半径である。この気圧分布を仮定すると傾度風の風速は次式で与えられる。

$$U_{gr} = -\frac{rf}{2} + \sqrt{\left(\frac{rf}{2}\right)^2 + \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{r_0}{r} \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)} \quad (6)$$

高潮推算に用いられる海上風への変換は, 傾度風速と場の風に  $0.60 \sim 0.70$  程度の風速の低減率を乗じ, 約  $30^\circ$  の角度で低圧部の方向に風向を変更させることを行った。

### (2) 計算領域とモニター一点の設定

計算領域は, 一番大きな領域(メッシュ間隔 16200m)において図-1に示すように, 北緯 24 度から北緯 36 度まで, 東経 120 度から 136 度までの範囲である。この大領域から, 徐々に小領域へとするネスティングモデルを採用し, 関門海峡と響灘沿岸域のメッシュ間隔は最小値の 200m である。水深データは, 海図および海底地形図より読み取ったデータを用いた。

調査対象沿岸におけるモニター一点は, 西端の芦屋港から東端の青浜にかけて OP01 から OP24 の 24 地点とし, 図-2に示す。

### (3) 検証に用いる台風の選定

調査対象区域は, 九州北部海域の関門海峡と響灘である。この海域の検潮所として, 博多港, 苅田港, 下関などがあり, 台風データおよび潮位波形データは福岡管区気象台や下関地方気象台, 第七管区海上保安庁および旧運輸省第四港湾建設局から収集したものを使用した。潮位波形データと天文潮位を用いて高潮偏差を求め, 経路別に分けて高潮の統計解析を行った。計算の検証に用いた台風は, 近年, 顕著な高潮をもたらした, 各地で既往最大潮位をもたらした T9119 と T9918, および九州地方をほぼ直線的に縦断した台風として T8013 を選定した。

### (4) モデル台風の設定

#### a) 台風経路の設定

昨年と同様に 3 つの台風経路を選定した。1 つは, 九州をほぼ直線的に縦断したコースで最近では T8013 がこれに相当する。2 つめは, 九州地方を北東方向に斜めに横断したコースで T9119 や T9918 がこれにあたる。3 つ

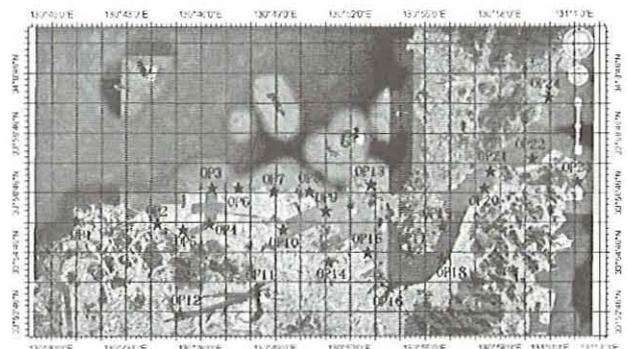


図-2 響灘の計算領域とモニター一点の位置

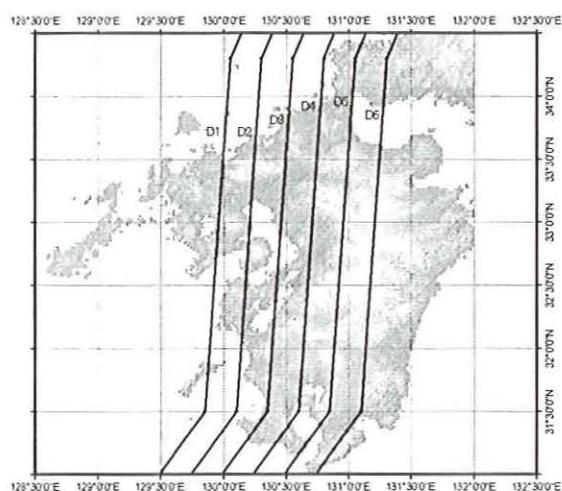


図-3 T8013 を基準とした台風経路Dコース

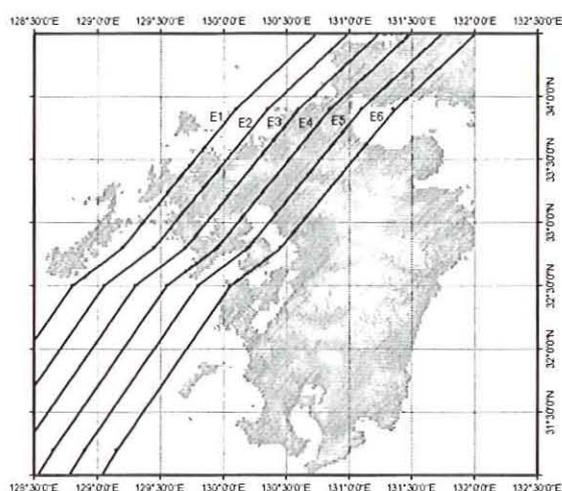


図-4 T9119 を基準とした台風経路Eコース

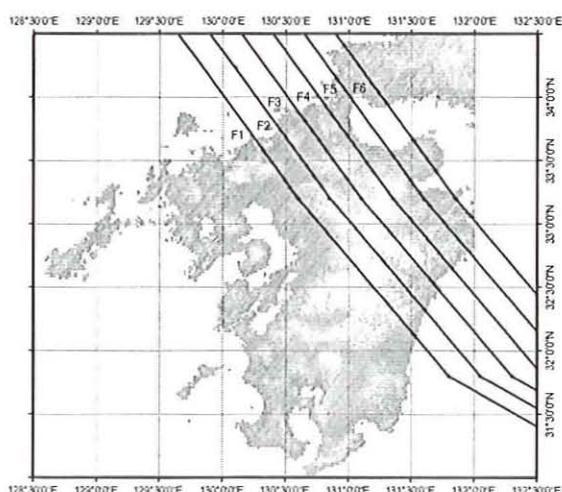


図-5 T7209 を基準とした台風経路Fコース

めは、九州北部南東から北西に斜めに横断したコースで T7209 や T9211 がこれにあたる。これより、モデル台風の経路を中心として東西に経度を 0.25 度間隔でずらし

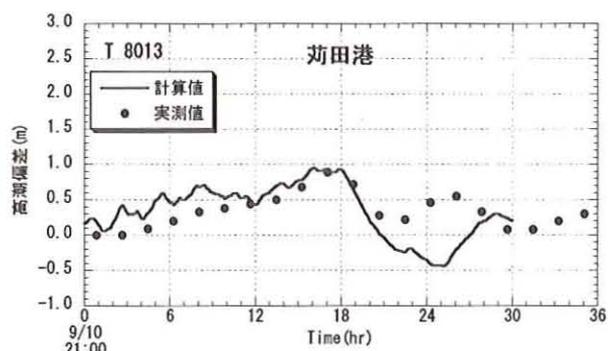


図-6 T8013 における荻田港の計算値と実測値の比較

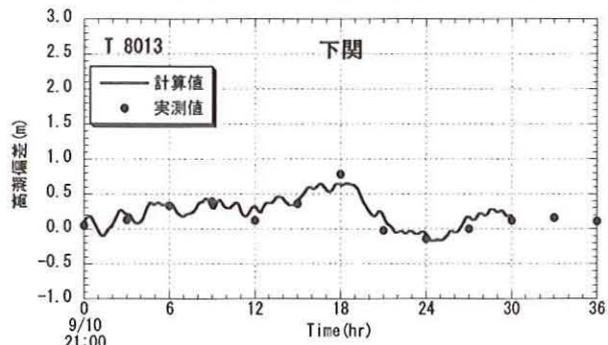


図-7 T8013 における下関の計算値と実測値の比較

た計6コースとした(図-3, 4, 5参照)。その結果から、高潮増幅率が大きく、高潮災害の危険性が高いコースを決定し、中心気圧を変化させて数値計算を行った。

#### b) 中心気圧の設定

モデル台風の大きさは、昨年と同様に過去最大級の台風で高潮による被害の最も大きかった1959年の伊勢湾台風をモデル台風の大きさとして選定した。

#### c) 移動速度と台風半径の設定

移動速度は、各コースにおける基準とした実際の台風の移動平均された実測速度を用いた。台風半径は、すべてのコースとも80kmの一定とした。

#### d) 計算潮位

計算における潮位は、高潮災害が最も危ぶまれる満潮位+3.30m (T.P.+1.20m)とした。

### 3. 結果と考察

#### (1) 実測値と計算値の比較

高潮偏差の実測値と計算値とを比較して数値解析法の検証を行った。図-6に荻田港、図-7に下関のT8013の結果を示し、T9918の結果を図-8(荻田港)、図-9(下関)、図-10(博多港)にそれぞれ示している。図は高潮偏差の時間変化を表わしている。縦断コースのT8013に対する計算値と実測値の一致は、2つのモニタ一点において高潮偏差は定性的にも定量的にも良好である。

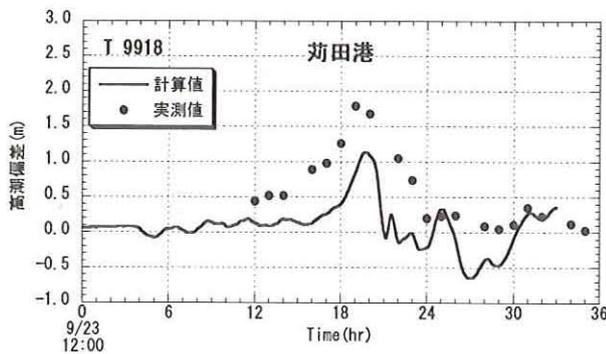


図-8 T9918における苅田港の計算値と実測値の比較

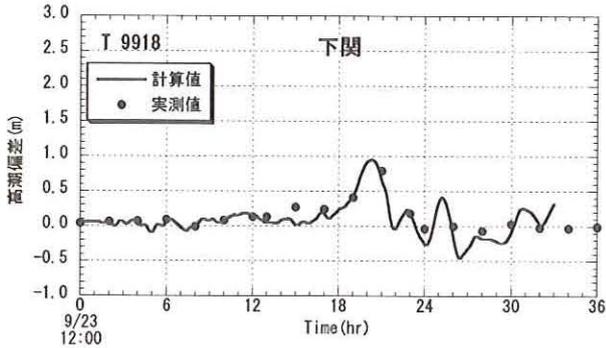


図-9 T9918における下関の計算値と実測値の比較

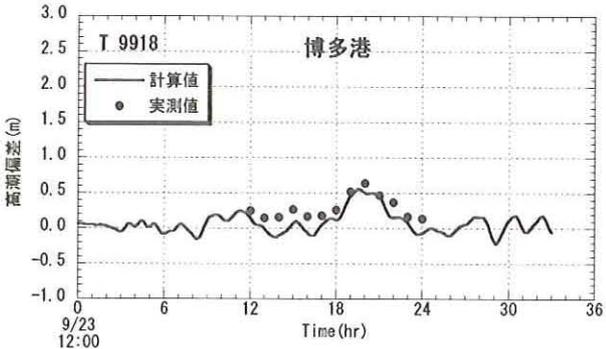


図-10 T9918における博多港の計算値と実測値の比較

T9918に関しては、周防灘側の苅田港(図-8)、高潮偏差の計算値が実測値に比べかなり異なっている。原因については、前報<sup>6)</sup>に述べたように海上風の推算に問題があると思われる。これは、河合ら<sup>5)</sup>も指摘している。高潮偏差の計算値が実測値より小さくなっており、約50%、過少になっている。一方、響灘側の下関(図-9)と博多港(図-10)では計算値と実測値の一致は、2つのモニター点において高潮偏差は定性的にも定量的にも良好である。紙面の関係で図は示せないが、ほぼ同じ横断コースのT9119の場合も、響灘側の高潮偏差の計算値が実測値と良く一致しているが、周防灘側の高潮偏差の計算値が実測値よりもT9918同程度小さい結果となっている。したがって、台風が周防灘の西側を南西方向から北東方向へぬける場合、高潮偏差の計算値が過小評価になる可能性がある。

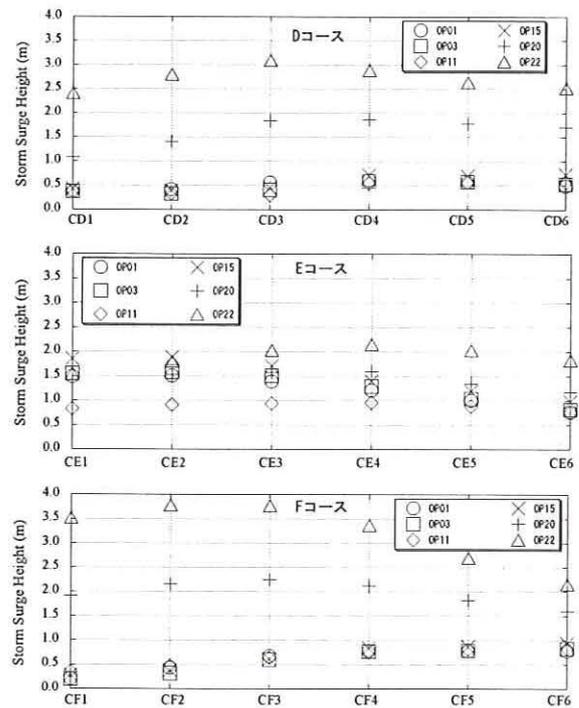


図-11 コースによる可能最大高潮偏差値

## (2) 台風経路の違いによる高潮偏差の計算結果

図-11は、各コースにおいて高潮計算を行い、コース別可能最大高潮偏差を表している図である。Dコースは、関門海峡の2点(OP20とOP22)と響灘側の4点(OP01, OP03, OP11とOP15)との偏差値自体は異なるが、全体的に高潮偏差がCD1コースから緩やかに増大し、CD3あるいはCD4コースで最大となり、その後低下する傾向が見られる。また、響灘側の高潮偏差値が1m未満に対して、関門海峡のOP22では、最大高潮偏差値が3mを超えている。Eコースは、関門海峡の2点と響灘側のOP11の高潮偏差がCE1コースから緩やかに増大し、CE4コースで最大となり、その後低下する傾向である。一方、他の3点では、CE1コースから微小に増大し、CE2コースで最大となり、その後緩やかに低下することになっている。Eコースは、台風コースの違いによって偏差の大きさの変化が約1mと小さい。Fコースは、関門海峡の2点と響灘側の4点との偏差値自体がかなり異なる。関門海峡の2点ではDコースとほぼ同じ傾向で高潮偏差がCF1コースから緩やかに増大し、CF3で最大となり、その後低下する傾向が見られる。響灘側の4点では、CF1コースから微小に増大し、CF5あるいはCF6コースで最大となり、高潮偏差値が1m未満である。また、関門海峡において最も危険なコースとしてはCF3であり、高潮偏差値が3.8mに達している。一方、響灘側ではCE2が最も危険なコースであり、高潮偏差値は2.0m弱になる。

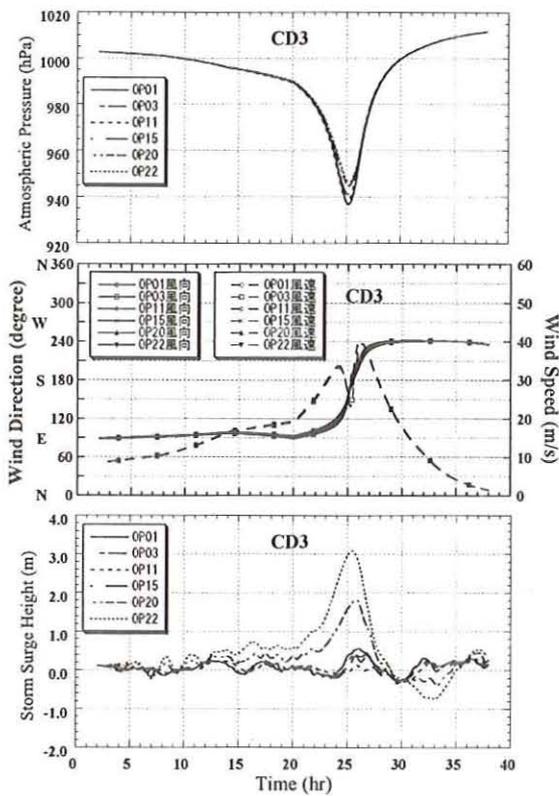


図-12 CD3 コースにおける気圧・風速風向・高潮偏差値

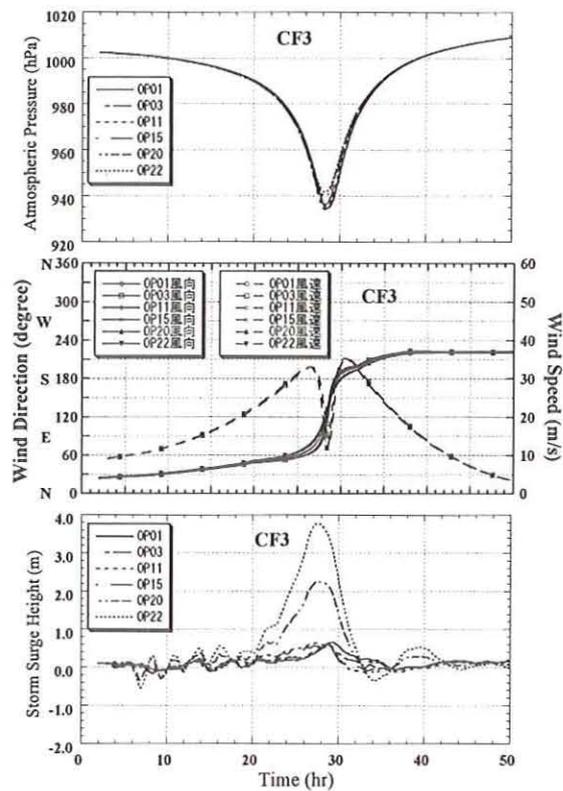


図-14 CF3 コースにおける気圧・風速風向・高潮偏差値

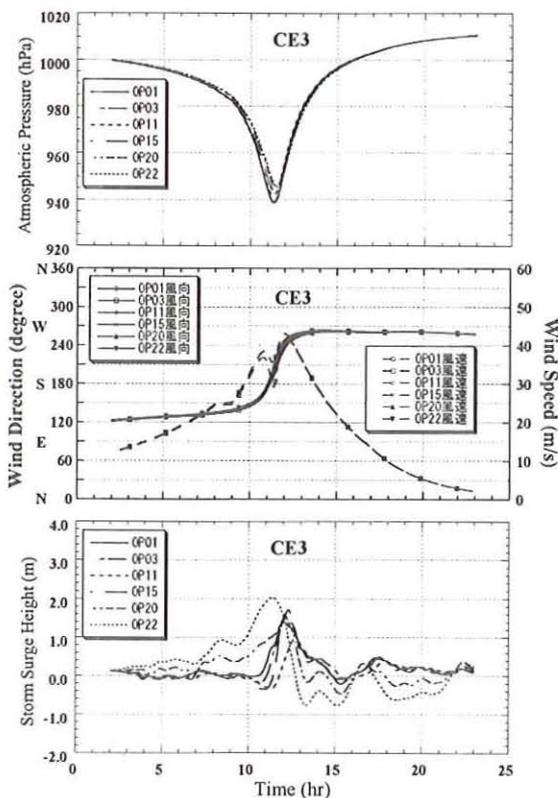


図-13 CE3 コースにおける気圧・風速風向・高潮偏差値

図-11 を見ると、D、F コースにおいては関門海峡の2点と響灘側の4点との高潮偏差値の差が大きく見られるが、E コースの高潮偏差値ではそれほど差が見られない。この要因を調べるために、3 コースの中で高い高潮偏差値を表した CD3、CE3 と CF3 コースにおける気圧（上図）、風速と風向（中図）および高潮偏差値（下図）の時間変化をそれぞれ図-12、図-13 と図-14 に示している。気圧としては、コースによる違いが見られず、3 コースとも響灘側の4点の気圧と比べ、関門海峡の2点の気圧が若干高くなっている。風速と風向においては、E コースと D、F コースとの異なる点は、E コースでは、響灘に関してフェッチが比較的に長くなる南西風（SW）と西風（W）が長時間吹いていることと風速がほぼ最大になる時に西風となっていることに対して、D、F コースでは、響灘に関してフェッチが比較的に短く、陸から海の方に吹く陸風となる東風（E）から南風（S）の風速が速く、長時間吹いていること分かる。逆に周防灘側ではフェッチが最も長くなる風が東風である。これらの要因によって、D、F コースにおいては関門海峡の2点と響灘側の4点との高潮偏差値の差が大きく見られる。

図-15、16、17 は、それぞれ CD3、CE4 と CF3 コースにおいて最大高潮偏差値の平面分布を表している。

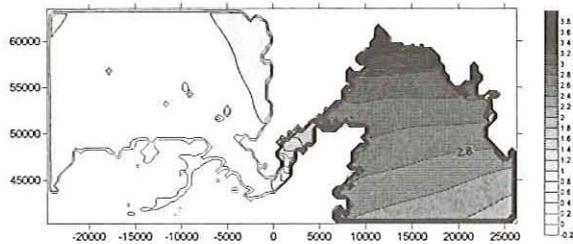


図-15 CD3 コース最大高潮偏差値の平面分布

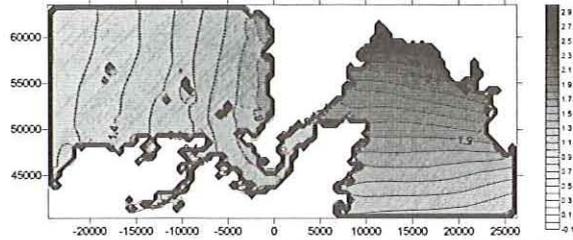


図-16 CE4 コース最大高潮偏差値の平面分布

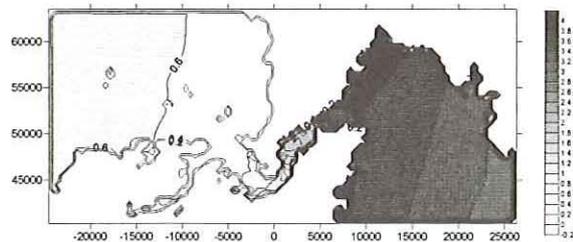


図-17 CF3 コース最大高潮偏差値の平面分布

CD3 コースと CF3 コースでは周防灘側と響灘側で高潮偏差の大きさが著しく異なる平面分布形状を示している。すなわち、周防灘側が湾奥に行くほど高潮偏差値が大きくなり、響灘側が高潮偏差値の大きさの変化があまり見られず、1m 未満と小さい。関門海峡では、偏差の高い周防灘側の影響が海峡の半分程度まで達している。CE4 コースでは、響灘側が関門海峡に行くほど高潮偏差値が大きくなり、2m 弱になる。周防灘側が湾奥に行くほど高潮偏差値が大きくなるが、CD3 と CF3 コースのような 3m を超える高潮偏差値は見えられず、最大値が 3m 未満である。

#### 4. あとがき

本研究により、以下のことを明らかにした。

- (1) ここで用いた高潮数値計算モデルによると、T8013 のように九州を北方向に縦断した台風に関しては響灘側と周防灘側の高潮偏差の大きさを両方も良く再現できたが、T9119 や T9918 のように北東方向に横断した台風に関しては周防灘側の計算値が過小評価となった。海上風の推算において、傾度風の風速を使い、それに係数をかけるといった単純なモデルを使っているため陸上地形の影響を取

り込めないと原因があると考えられる。これを解決するためには、気象モデルと高潮モデルをカップリングする方法が考えられる。

- (2) 関門海峡付近において高潮増幅特性の危険な台風経路は、縦断コース D では T8013 の経路と同じ CD3 コース、横断コースでは CE4 (T9119 経路) コース、コース F では CF2 と CF3 であった。この中で最も高潮が高くなったコースは F コースで約 3.8m にもなる。D コースでの最大偏差は約 3m、E コースでは約 2m となった。一方、響灘側において高潮増幅特性の危険な台風経路は、縦断コース D では CD4 コース、横断コースでは CE2 コース、コース C では CF5 と CF6 であった。この中で最も高潮が高くなったコースは E コースで約 2m になる。D コースと F コースでは 1m 未満となった。
- (3) E コースと D、F コースにおける関門海峡側と響灘側で高潮偏差の大きさが著しく異なる要因は、E コースでは、響灘に関してフェッチが比較的に長くなる南西風 (SW) と西風 (W) が長時間吹いていることと風速がほぼ最大になる時に西風となっていることに対して、D、F コースでは、響灘に関してフェッチが比較的に短く、陸から海の方に吹く陸風となる東風 (E) から南風 (S) の風速が速く、長時間吹いていることである。逆に周防灘側ではフェッチが最も長くなる風が東風である。

#### 参考文献

- 1) 特集高潮災害の被害と対策：波となぎさ，No.144，pp.4-30，2000。
- 2) 滝川清：台風 9918 号による不知火海高潮災害，土木学会誌，Vol.85，March，pp.41-45，2000。
- 3) 山本哲郎，瀬原洋一：山口県西部で被災した護岸の調査報告—1999 年台風 18 号高潮災害，土木学会誌，vol.85，May，pp.68-72，2000。
- 4) 小島治幸：台風 9918 による高潮災害，気象利用研究，第 13 号，pp.16-22，2000。
- 5) 河合弘泰ら：八代海と周防灘における台風 9918 号の高潮・波浪災害の現地調査，海岸工学論文集，第 47 巻，pp.311-315，2000。
- 6) 小島治幸・鄒曙光：周防灘西岸の高潮特性について，九州共立大学工学部研究報告，第 33 号，pp.21-28，2009。
- 7) 小島治幸・藤井寿人：周防灘と玄界・響灘沿岸の高潮特性に関する研究，海洋開発論文集，第 18 巻，pp.227-232，2002。

## 明治以降の土木および鉄道に関する省庁の変遷と財政史

畑岡寛 田中邦博  
環境土木工学科

The history of the ministry about the engineering works and railway since the Meiji era period

Hiroshi Hataoka Kunihiro Tanaka

The railway since the Meiji era was important in Japan. And, the Meiji era government can be expected to have thought the development of the rail system to be the most important. In the present study, it thinks about the railway as industry, and the transition of jurisdiction in the railway and engineering works and the change of finance have been brought together from a historical aspect of engineering works.

Key word: Meiji era , railway, engineering works , ministry

### 1. 研究の背景

明治元(1868)年に明治天皇は五箇条の御誓文を出し、新政府の基本方針(五箇条)を国の内外に示した。この年以降の方針は近代国家・豊かな国家への産業改革と軍事改革を行おうとするものであり、農業を基盤とした江戸幕府の封建体制が終わった。地方の大名がその土地を治める政治形態は廃止され、新政府の命令が全国に行渡るような仕組みになった。版籍奉還や廃藩置県が行われ、国の一本化が進められた。地租改正・徴兵令・四民平等もこの頃の政策であった。文明開化のこの時代は、盛んに西洋の習慣や技術、政策を取り入れようとした。

日本に鉄道が導入されたのは、明治5(1872)年9月13日の新橋～横浜間の営業からであった(図-1は新橋駅と蒸気車

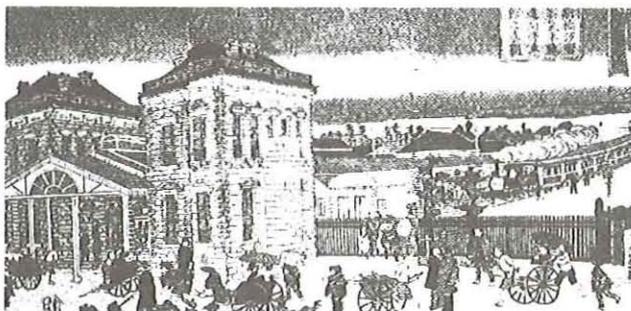


図-1 東京名所之内新橋沙蒸気車鉄道局停車場之真図<sup>1)</sup>

の図<sup>1)</sup>。同じ年の10月には富岡製糸工場が開業し11月には徴兵制度ができた。また、岩倉具視らが欧米へ出発したのも明治4(1871)年であった。

明治初期の政府の実権は薩長土肥の四藩出身の官僚にあり、薩摩藩からは、西郷隆盛・大久保利通・黒田清隆、長州藩からは木戸孝允・伊藤博文・井上馨・山形有朋、土佐藩からは、板垣退助・後藤象二郎・肥前藩からは山口尚芳・大隈重信・江藤新平たちがいた。<sup>2)</sup>

岩倉使節団が帰国するまでは参議の西郷隆盛を筆頭とした留守政府が政治を行うことになった。明治11(1878)年に大久保利通が東京で暗殺されて以降の明治政府は伊藤博文を中心とした体制に変わっていった。主要官職の任命変遷<sup>3)</sup>を見ると、枢密院では明治21(1888)年に伊藤博文、明治22(1889)年に大木喬任、明治23(1890)年に伊藤博文が任命されその後、山県有朋・黒田清隆らが任命された。貴族院議長では、明治23(1890)年に伊藤博文、明治24(1891)年に峰須賀茂韶が任命された。

土木に関しては、「鉄道の父」と言われた井上勝(図-2)<sup>4)</sup>は明治4(1871)年に鉄道頭に任命され、明治10(1877)年に鉄道局長、明治18(1885)年に鉄道局長官、明治23(1890)年に鉄道庁長官に任命された。土木の行政機関としては、土木寮を置いた内務省、山林局を置いた農商務省、鉄道局を置いた工

部省・鉄道省が挙げられる。

鉄道に着目すると、明治維新当時の日本に限らず後発国では鉄道産業が近代化への第一歩となりえる場合が多く、技術移行・技術向上の面からも鉄道産業がもたらす影響は大きい。日本では明治以降の公共投資の中でも鉄道の占める割合は高く、明治政府における鉄道の役割は大きかったと考える。九州の石炭産業の発展に着目すると、以前は川ひらたと呼ばれる船で運ばれた石炭も筑豊興業鉄道などの急速な発展によって海運から陸運へと変化していた。

全国的な鉄道を扱う研究としては、鉄道を産業として捉える視角（企業組織を必要とした産業）と、交通手段として扱う視角（鉄道による利益など）に分けられる<sup>5)</sup>と言われるが、本研究では、前者の産業として捉える視角から、鉄道・土木における管轄の変遷と財政の変動について土木史的な立場から明らかにすることを目的とする。

## 2. 省庁の変遷

### 2-1 土木に関する省庁の変遷

明治元年から昭和 59(1984)年までの省庁の変遷をみると(表-1)、明治 2(1869)年の民部省に始まり、内務省・建設省が土木を管轄していたことが分かる。山林行政は農商務省、鉄道行政は工部省・運輸省が管轄していた。

土木を管轄するのは明治 2(1869)年の大蔵省と民部省であった。翌年、民部省の産業行政の一部を引き継いで工部省が設置された。省中には一等寮に工学・勘工・鉱山・鉄道、二等寮には土木・灯台・造船・電信・製鉄・製作などの 10 寮および測量司が置かれた。

その後、土木は明治 6(1873)年設置の内務省が受け持った。省内は上局に勸業・警保・戸籍・駅通・土木・地理の 6 寮と測量司を置いた。内務省は明治 6(1873)年 11 月 10 日の太政官布告 375 号をもって設置された。この時期までは、地方行政を中心とする内政と財務が分割されておらず、事務が混交していた。

明治 4(1871)年の廃藩置県による中央集権体制に転換する世相から内政機構を新設する気運が高まり内務省が設置された。設置後、内務省の機構は膨張を続け、明治 13(1880)年には 16 局となったが、14 年には農商務省の新設により、勸業行政が分離して 10 局に縮小された。内局は山林局・監獄局・県治局などがあった。その後、内務省は昭和 22(1947)年まで土

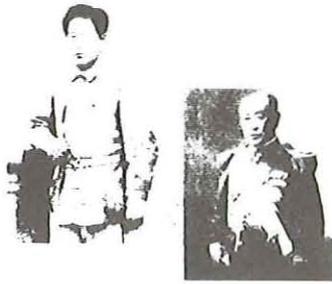


図-2 井上勝<sup>4)</sup>

木を管轄した。

終戦後占領軍は、内務省が軍国主義の象徴であると見なし、民主化体制に即さないという思想の基、省内の改革が進められた。これにより、事務局はそれぞれに解体し他の省へ移行した。

その後、占領軍は官選知事から民選知事への移行等で地方自治が確立されれば地方行政を所管する国の機関は不要であるとして、内務省の解体を要求してきた。そして昭和 22(1947)年の決議で内務省の廃止が決定された。

その後、土木は昭和 27(1952)年設置の建設省を経て、現在の国土交通省に至る。土木を管轄した機関は合併・分離・新設が比較的少ない変遷であった。一方、鉄道に関しては通信省・鉄道庁・鉄道省・運輸省のように移り変わっていた。

### 2-2 鉄道に関する省庁の変遷

鉄道の重要性は幕末の頃には定着しており、実現には至らなかったものの幕府自らが鉄道建設を行おうとする傾向は在った。幕末および維新後には鉄道導入に反対する保守派勢力もあり、ペリーが蒸気船模型を持参した頃から工部省の鉄道管轄が始まる頃までに 15 年以上も経過する事になった。特に明治 2~3 年の間は、大隈重信と伊藤博文が鉄道導入についての保守派を説得しつつある時期であった事もあり、新システムの導入に対する姿勢が慎重であった事が伺える。<sup>6)</sup>

明治 2(1869)年 10 月 11 日に、外務省は鉄道建設について建議書を太政官に提出した。鉄道建設資金の提供者はイギリス人のホレーシオ・ネルソン・レーであった。レーは、大隈と伊藤が資金面で鉄道導入に踏み切れなかったため、外債募集の方法を助言し、300 ポンドを得た。明治 3(1870)年 3 月 14 日には、民部・大蔵両省は太政官に対して建議書を提出して、中央集権体制を強化するための電信・鉄道の建設を説いた。また、民間では、土木事業である鉄道建設によって民衆に生業を与えることは重要である事を説いた「民間における鉄道導入論」やアメリカ大陸横断鉄道の完成報道について日本の運輸の不便さを論じた「横浜新報もしほ草」も鉄道の必要性を主張した。福沢諭吉も「西洋事情」で鉄道について紹介した。<sup>7)</sup>

明治 3(1870)年 6 月には、民部省の土木司員の佐藤政養と小野友五郎は幹線路の調査を行った。明治政府は基本方針として東西両京を結ぶ計画はあったが幹線経路を中山道にするか東海道にするかで未決定のままであった。調査後、中山道を勧めてはいたが具体的に決定されないまま、東京-横浜間が建設されるに至った。明治 3(1870)年 3 月 19 日には民部省の鉄道技師はエドモンド・モレルを監督として建設工事にあたった。同年 10 月 20 日に工部省が設置され民部省の管轄から工部省の管轄へと変わった。<sup>8)</sup>

鉄道を管轄した省庁に着目すると、明治 7 年に工部省の鉄道寮が鉄道局に改名し、その後明治 39 年 3 月 31 日施行の鉄道国有法まで工部省、内務省、通信省がそれぞれ廃止や設置



を行い、鉄道を受持った。一方、通信交通行政を主管する中央官庁として工部省を廃止して明治 18(1885)年 12 月に通信省が設置された。設置に当たり、農商務省から駅・管船の 2 局、工部省より電信・灯台の 2 局を移管合同した。大正 9(1920)年には鉄道省が設置された。鉄道省は内閣に置かれていた鉄道局が内務省鉄道庁、通信省鉄道局を経て内閣の鉄道院となり、原敬内閣によって鉄道省として独立した。原内閣は政策として「国防の充実」、「産業の奨励」、「教育の振興」、「交通機関の整備」の 4 点を掲げており交通機関の整備の充実のために鉄道省として新しく設置した。

明治 39(1876)年から大正 9(1921)年 5 月 15 日公布の鉄道省官制までは通信省、鉄道院、帝国鉄道庁が受持った。大正 9(1921)年から昭和 17(1943)年までは鉄道省が受持ち、昭和 18(1944)年 11 月 1 日の運輸通信省官制以後は運輸通信省、その後運輸省が受け持った。

3. 内務省財政

明治 8 年から昭和 4 年までの内務省一般会計経常部と臨時部を見ると(図-1~4)、総額では明治 17(1884)年頃から事業費が上昇または下降して動向が確認できる。事務費(地方)・



図-1 内務省財政(経常総額)



図-2 内務省財政(経常比率)



図-3 内務省財政(臨時総額)

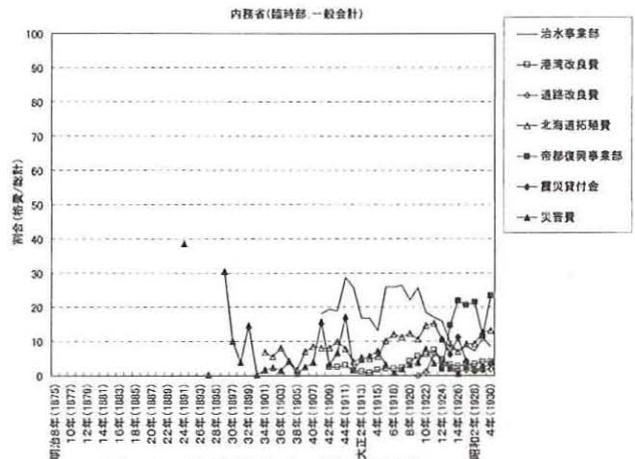


図-4 内務省財政(臨時比率)

俸給(地方)・警察費連帯支援金は顕著である。大正 4(1915)年以後は高い値を示すが大正 3(1914)年に勃発する第一次世界大戦の影響が予想される。経常費の比率を見ると、警察費連帯支援金の割合が他の項目に比べて高い。

臨時部では明治 24(1891)年、明治 29(1896)年に災害費が高い値を示しており、総額と比率の両方から確認できる。明治 24(1891)年頃は全国的な水害が発生しており、当時の東京日日では治水事業の必要性を述べている。<sup>9)</sup> 明治 44(1911)年頃に急上昇している治水事業部は、全国的な大雨による影響であった。明治 41(1908)年には気象台開設以来の記録的大雨が報じられた。<sup>10)</sup> 明治 44 年度予算編成方針によると、二項目目に「治水の根本策を定め、住民の災危を除き国土の保全を期すること」とある。<sup>11)</sup>

大正 12(1924)年の関東大震災による被害を復旧するため内閣に帝都復興院が置かれた。また、大正 12(1924)年 9 月 2 日の官報では、臨時震災救護事務局官制が公布され、以下のとおり施行された。事務局は内務省に設置された。<sup>12)</sup>

「臨時震災救護事務局官制」

第一条 臨時震災救護事務局は内閣総理大臣の管理に属し、震災被害救護に関する事務を掌る。

第四条 参与は内務省、大蔵省、陸軍省、海軍省、逓信省、農商務省、鉄道省の次官、社会局長官、警視總監、東京府知事及び東京市長を以てこれに充つ。

内務省では、大正 13(1925)年に内局として復興局とし、昭和 5(1931)年に復興事務局が設置され事業の終了とともに昭和 7(1933)年に廃止された。大正 13(1923)年頃の警察費連帯支援金、俸給(地方)、事務費(地方)はそれぞれ他の年に比べ高い値を示すが、この年から復興事業の進捗が進む影響によるものと予想できる。一方、内閣省財政の經常部および臨時部は全体的に、比率は上がっていないが総額で視ると、特に第一次世界大戦以後で全体的に高い値を示すことからお金が潤ってきている事が推測される。<sup>8)</sup> 図-5 に新橋駅と上野駅における震災の被害状況を示す。<sup>9)</sup>



図-5 新橋駅と上野駅の震災被害状況<sup>9)</sup>

#### 4. 鉄道省財政

明治 23 年から昭和 3 年までの鉄道省特別会計を見ると(図-6,7), 鉄道国有法公布の明治 39(1906)年と鉄道省官制の大正 9(1920)年で総額の上昇が確認できる。鉄道省内での項目では、収益勘定が資本勘定と用品勘定に比べ高いことがわかる。「工部省鉄道会計条例主意書」では、収益勘定は帝國鉄道の運輸収入などの徴収等であり、資本勘定は用地の買収など、用品勘定は用品の購入などを示す。<sup>15)</sup> 用品は汽車の購入費と考える。

#### 5. 他の省庁との比較

逓信省は一般会計、鉄道省は特別会計に属していた。全国の中央財政と鉄道省の中央財政についての歳出をみると(図-8), 各省の傾向として明治 28(1895)年、明治 36(1903)年、大正 7(1919)年頃に財政の変動が確認できる。

明治 30 年~大正 8 年までは逓信省、大正 9 年以後は鉄道省が主な管轄となるが、逓信省に比べ鉄道省(帝國鐵道資本勘定+帝國鐵道用品勘定)の歳出が多い。鉄道省に着目すると、特に大正 5 年頃からは 1 億 2 千万円近くまで急上昇している。

陸軍省と海軍省も同様に急上昇しており、「富国強兵ノ利器」を示した政府の認識が伺える。土木を担当していた内務省も同様に上昇傾向にあった。また、農商務省と鉄道省は類似している。鉄道省設置の時と同様に他省庁の設置の際も歳出は比較的上昇傾向にあった。

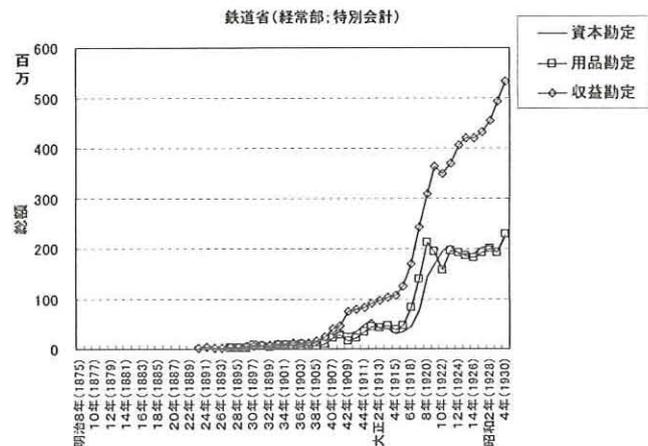


図-6 鉄道省財政 (經常総額)

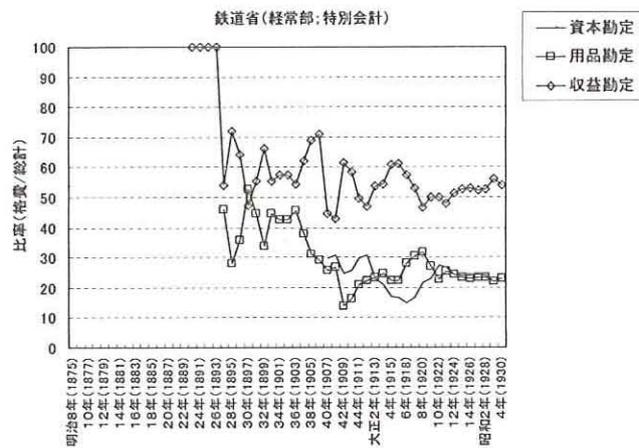


図-7 鉄道省財政 (經常比率)

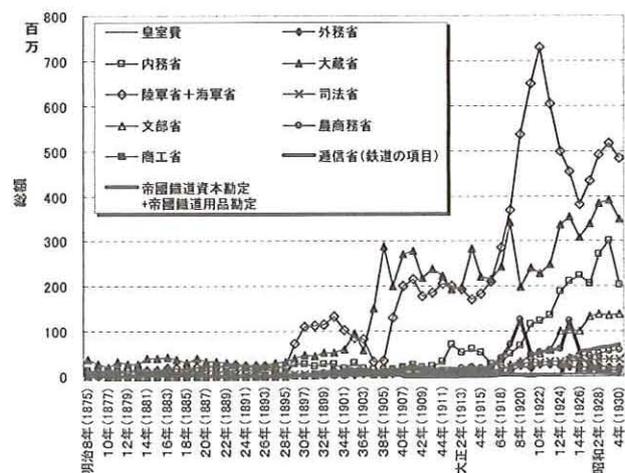


図-8 他の省庁との比較 (総額)

#### 6. 鉄道総延長距離と総額

鉄道に関する出来事としては、明治 30(1897)年の逓信省(鉄道局)設置、明治 39(1906)年の鉄道国有法制定、大正 9(1921)年の鉄道省官制の公布が挙げられるが総延長距離と鉄道省の総額の関係(図-9)を見ると、鉄道省総額が高

い値を示す年又は増加傾向の年と類似している。収益勘定は鉄道による収入であるため、資本勘定と用品勘定の合計を鉄道省財政とみなし鉄道省総額とした。また、総延長距離も鉄道省総額と類似の傾向にあった。図-9の総延長距離は、官設鉄道と私設鉄道の合計を示す。

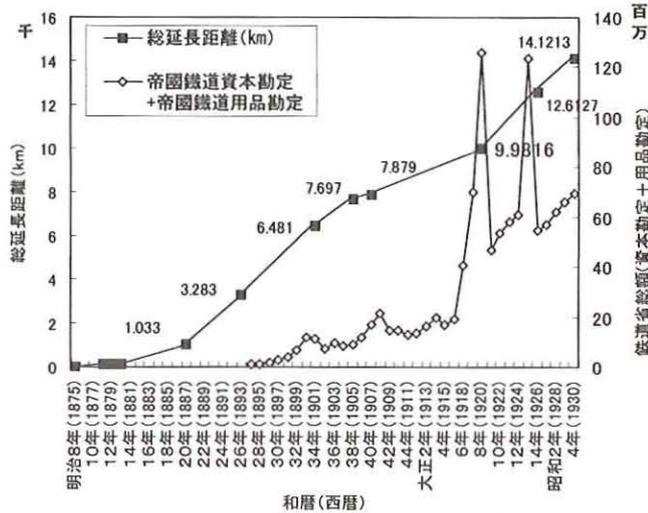


図-9 鉄道省財政と総延長の関係

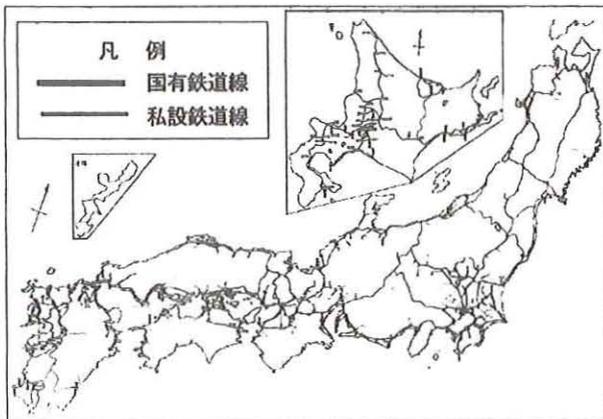


図-10 明治39年末鉄道線路図<sup>6)</sup>より抜粋

図-10に明治39(1906)年の鉄道国有法制定時における全国の鉄道線路図を示すが九州・関西・関東の線路の拡大は顕著である。

また、明治38年末には官私合わせて7690.5kmに達し台湾で経営する鉄道を合わせると5039マイル(8109km)になった。これを記念して「鉄道5000哩祝賀会」が行われた。図-11に祝賀会の記念はがき<sup>16)</sup>を示すが、翌年の明治39年に公布される「鉄道国有法」に先駆けた鉄道時代の華やかさが伺える。日露戦争勃発後から鉄道院が設置される明治41年、鉄道省が設置される大正9年頃まで、鉄道網の発展が国家の重要事項にあった。

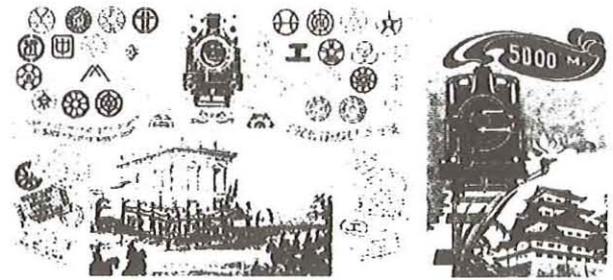


図-11 鉄道5000哩記念はがき

### 7. まとめ

本研究では、土木および鉄道に関する財政について省庁の変遷の視点から明らかにした。また、鉄道事業については工部省が基盤になるが、工部省の鉄道財政についての動向と影響が解明できれば、明治初期の鉄道に関する動向がより明らかになる。工部省財政については今後の課題とする。

### 《参考文献》

- 1) 日本国有鉄道：「日本国有鉄道百年写真史」, p17.
- 2) 株式会社ぎょうせい編：「おもしろ日本史⑩文明開化」, p58~87, 1998.
- 3) 戦前期官僚制研究会編：「戦前期日本官僚制の制度・組織・人事」, p287, 382, 703, 1981.
- 4) 前掲文献1)「日本国有鉄道百年写真史」, p20.
- 5) 柿崎一郎著：「タイ経済と鉄道」, p. 3~6, 2000.
- 6) 日本国有鉄道：「日本国有鉄道百年史三巻」, p5~34, 1997.
- 7) 前掲文献6)「日本国有鉄道百年史三巻」, p45~87, 1997.
- 8) 前掲文献6)「日本国有鉄道百年史三巻」, p89~94, 1997.
- 9) 明治ニュース事典編纂：「明治ニュース事典」, p346~347, p360~363, p469~470, p220~227, 1984.
- 10) 大正ニュース事典編纂：「大正ニュース事典第六巻」, p207, 1988.
- 11) 前掲文献3)「戦前期日本官僚制の制度・組織・人事」, p685~691.
- 12) 前掲文献3)「戦前期日本官僚制の制度・組織・人事」, p702~705.
- 13) 前掲文献3)「戦前期日本官僚制の制度・組織・人事」, p707~709.
- 14) 前掲文献1)「日本国有鉄道百年写真史」 p20.
- 15) 前掲文献9)「戦前期日本官僚制の制度・組織・人事」, p287, 382, 703, 1981.
- 16) 前掲文献1)「日本国有鉄道百年写真史」, p132.

# 室境界面の乱反射率を考慮した幾何音響解析法に関する検討

## その3 実音場モデルにおける音場解析

中野国隆<sup>1</sup> 古屋 浩<sup>2</sup> 黒木荘一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 北九州市立大学大学院国際環境工学研究科環境工学専攻

<sup>2</sup> 九州共立大学工学部建築学科

<sup>3</sup> 北九州市立大学国際環境工学部建築デザイン学科

A fundamental investigation on geometrical acoustic prediction method with scattering coefficients for room boundary. Part 3: Analysis of real auditorium model.

*Kunitaka NAKANO, Hiroshi FURUYA and Soichiro KUROKI*

Commonly used room acoustics prediction methods such as the image method or the ray-tracing method are usually based on a straight-line geometrically specular reflection model, which must be modified to account for scattering phenomenon in order to give realistic results. This study deals with the problems of the scattering coefficients that should be assigned to the room boundary in auditoria, and a fundamental property of the prediction algorithm that may be used to model the diffuse reflections. In our previous works, the way of handling and basic behavior of sound diffusion in geometrical acoustic simulation were investigated using the two kinds of sound fields, namely, a single-wall model with a specular reflection and simple models of enclosure the boundaries of which were composed of plane and diffusive walls. In this paper, as a next step, the coverage is expanded to real auditorium models with the complicated shapes. Both acoustic simulations in hybrid image/ray-tracing models with variable scattering coefficients and physical measurements are performed in five actual auditoria. Room acoustic parameters are analyzed from impulse responses. The calculated and measured parameters are compared in order to verify the practical approach applying scattering coefficients to geometrical acoustic prediction. The difference between them and the effects of diffuse reflections on the acoustic indices are discussed.

Key words: Geometrical acoustic prediction, Scattering coefficient, Room acoustic index, Hall measurements

### 1. はじめに

室内音響設計において、主に初期反射音のレベル・時間特性や到来方向特性といった低次の反射音構造を把握するために、従来から幾何音響シミュレーションが簡便かつ実用的手法として利用されている。しかしながら、波動の伝搬を単なる鏡面反射音線によるエネルギーの伝搬として扱うという原理上の性質から、壁面反射を繰り返せば繰り返すほど、すなわち後部時間領域になるほど現実の音場の性質を捉えることが難しくなる。

一方、局所的な壁面部位の反射特性や散乱特性に関しては、波動数値解析による予測手法<sup>1)</sup>が実用レベルで検討されてきているものの、壁面の散乱性能と音場の拡散性の問題等、音響散乱の影響を考慮に入れた音場全体の予測については、今後の研究成果が待たれる重要な課題となっている。

そこで近年、Scattering coefficient<sup>2)3)</sup>の導入により、境界面における反射エネルギーを鏡面反射成分と散乱反射成分に分離して伝送し、より現実に近い音響伝搬をシミュ

レートしようとする試みも幾つかなされてきている<sup>4)5)</sup>。しかしながら、解析精度の検証や実用性の面などでまだ不明な点も多く、また、種々の形状・材料に対する乱反射率の測定法並びに散乱特性データの蓄積についても、その整備が急がれている状況にある。

本研究は、従来の幾何音響理論に基づくコンピュータシミュレーション手法をベースに、壁面の散乱性能として乱反射率を導入することによって、より精度の高い実用的な室内音場予測法について明らかにすることを目的とする。

筆者らはこれまで、第1に単一壁モデルによる反射音場を対象として、幾何音響解析および音響縮尺模型実験を実施し、両者の比較から幾何音響解析に乱反射率を取り入れることの有用性について示した<sup>6)7)</sup>。第2に、3次元の簡易空間モデルを対象として音場解析および模型実験を実施し、乱反射率の設定条件と室内音響物理指標の関係について明らかにした<sup>8)</sup>。

本稿では、研究の次段階として、対象を実音場に拡張

した場合について考察した。すなわち、既存のオーディトリウムモデルの音場解析を実施し、解析値と実測値の比較から乱反射率の設定条件が室内音響物理指標に与える影響について検討した。

## 2. 幾何音響解析

### 2.1 解析方法

解析には、Cone Beam Method<sup>9)</sup>を用い、ホールモデル内の観測点におけるインパルス応答を求めた。得られたインパルス応答から、Strength G, 初期反射音レベル G80( $t=0-80$  ms), 後期反射音レベル GL( $t=80-400$  ms), 初期/後期反射エネルギー比 C80, 初期残響時間 EDT および時間重心 Ts の6つの室内音響物理指標を算出した。

本解析アルゴリズムでは、音粒子(音線)の境界面への各衝突点が2次音源となり、設定した乱反射率に対応する確率で散乱エネルギーを観測点へ伝送する。また、観測点へのエネルギー量は余弦則(Lambert's law<sup>10)</sup>)に従う重みを付けて放射する。壁面の乱反射率  $s_\theta$  は、 $s_\theta = 0.1$ ,  $0.5$ (全周波数)、並びに散乱を考慮しない場合の3条件を設定した。ただし、客席床面については  $s_\theta = 0.7$ <sup>11)</sup>とした。音源からの放射音線数は52,502本、反射次数は9次、また周波数範囲は250~2kHz(1/1 オクターブバンド幅)とした。

### 2.2 対象ホール

ホール形状については、Fig.1に示すように5つの既存ホールを対象とした。Hall A は2階席を有する一般的な多目的ホール、Hall C はワンフロアの扇形ホールであり5つのホールの中では最もデッドである。Hall B, D, E は、コンサートホールであり、そのうち Hall B, E は2, 3階にサイドバルコニー席を有するシューボックスタイプで主にクラシック演奏に利用されている。

音源は、舞台上に無指向性音源を設定し、観測点は客席に12~16点を設けた。

## 3. 実音場測定

測定は、12面体無指向性スピーカからパルス音(時間幅40 $\mu$ s)を発生し、無指向性マイクロフォンを用い同期加算法により時間応答波形を観測した。得られた時間応答波形から、250~2kHzのフィルタリング処理を行った後、前述の6つの室内音響物理指標を算出した<sup>12)</sup>。測定項目および条件は、2と同様である。ホールの音響諸元をTable 1に、測定装置のシステムブロックをFig.2に、各々示す。

## 4. 解析結果

空間分布特性の解析結果(乱反射率  $s_\theta=0.0, 0.1, 0.5$ )

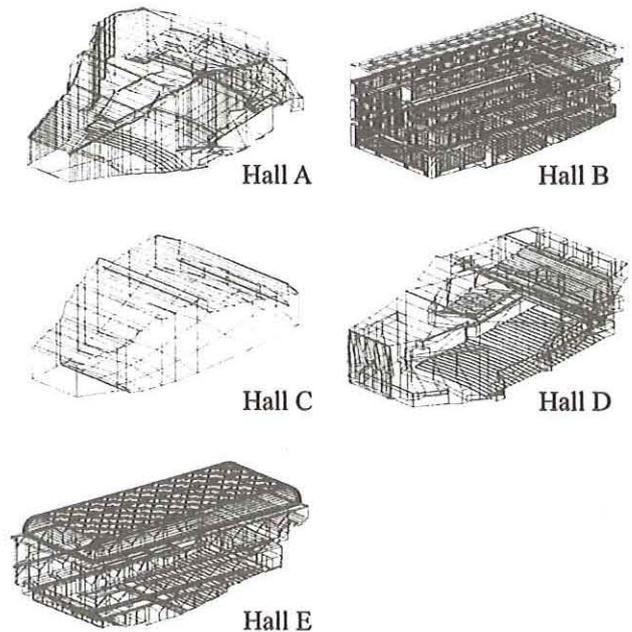


Fig.1 Five auditorium models.

Table 1 Outline of real auditoria.

Hall	Seats	V(m <sup>3</sup> )	V/S(m)	RT <sub>60</sub> (s) <sup>*1</sup>	$\bar{\alpha}$ <sup>*1</sup>	N <sup>*2</sup>
A	1,811	18,700	3.02	2.20	0.20	12
B	1,871	17,445	2.51	2.24	0.17	16
C	1,780	13,994	3.36	1.45	0.31	12
D	1,813	19,410	3.03	2.07	0.21	16
E	1,818	17,302	2.80	1.79	0.22	16

\*1 averaged over the four octave bands from 250 to 2k Hz

\*2 the number of observation points in the seating area

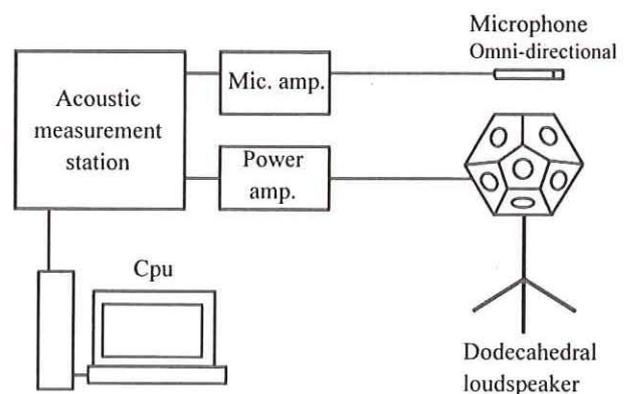


Fig.2 Block diagram of measurement.

を実測値と比較して Fig.3 に示す。

まず、G80 について見てみると、解析値は実測値の傾向を概ね捉えていることがわかる。すなわち、Hall B, Hall E のように観測点位置の違いによる明確なピークディップの傾向についても両者は一致している。GL についても同様であり、 $s_\theta = 0.0$  の場合における解析値と実測値の対応

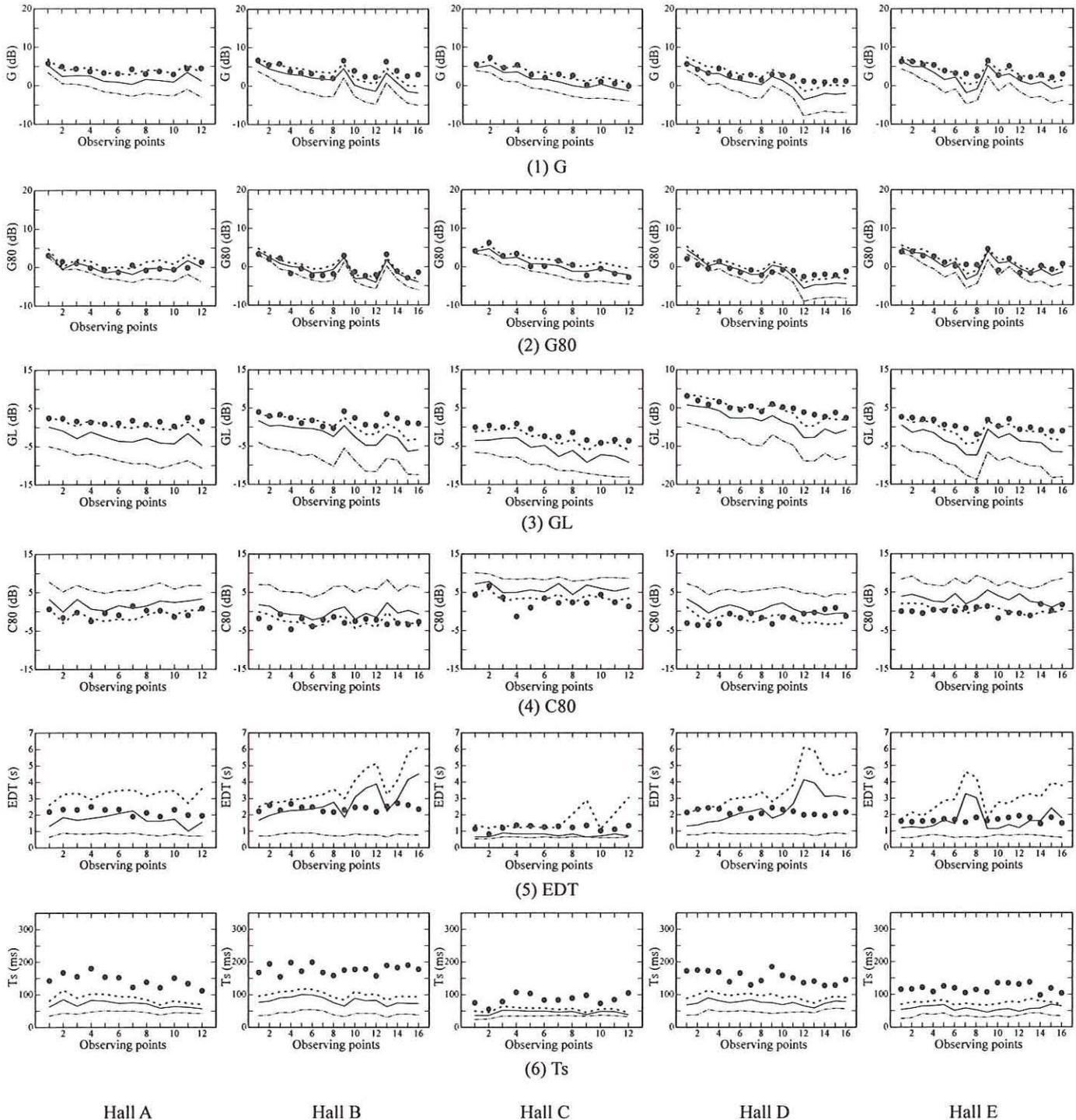


Fig.3 Spatial distributions of six acoustical parameters; G, G80, GL, C80, EDT and Ts (at 500Hz); calculated values: (i) dotted line, without scattering; (ii) solid line,  $s_\theta = 0.10$ ; (iii) dot-dash line,  $s_\theta = 0.50$ , ●, measured values.

が良くとれている。後期反射音を取り扱うGLでは、 $s_\theta$ の設定値が高くなるにつれて到達するエネルギーが少なくなるようである。

次に、C80 について見てみる。解析値は実測値の空間分布の傾向を捉えており、GLと同様に  $s_\theta = 0.0$  の場合の

対応が良い。

EDT については、分布性状の傾向はあまり対応がとれていない。すなわち、Hall B, Hall D, Hall E の解析結果を見ると、2,3階席後方の観測点(Hall B: p10-12, p14-16, Hall D: p11-16, Hall E: p7-8, p15-16)において突出した値

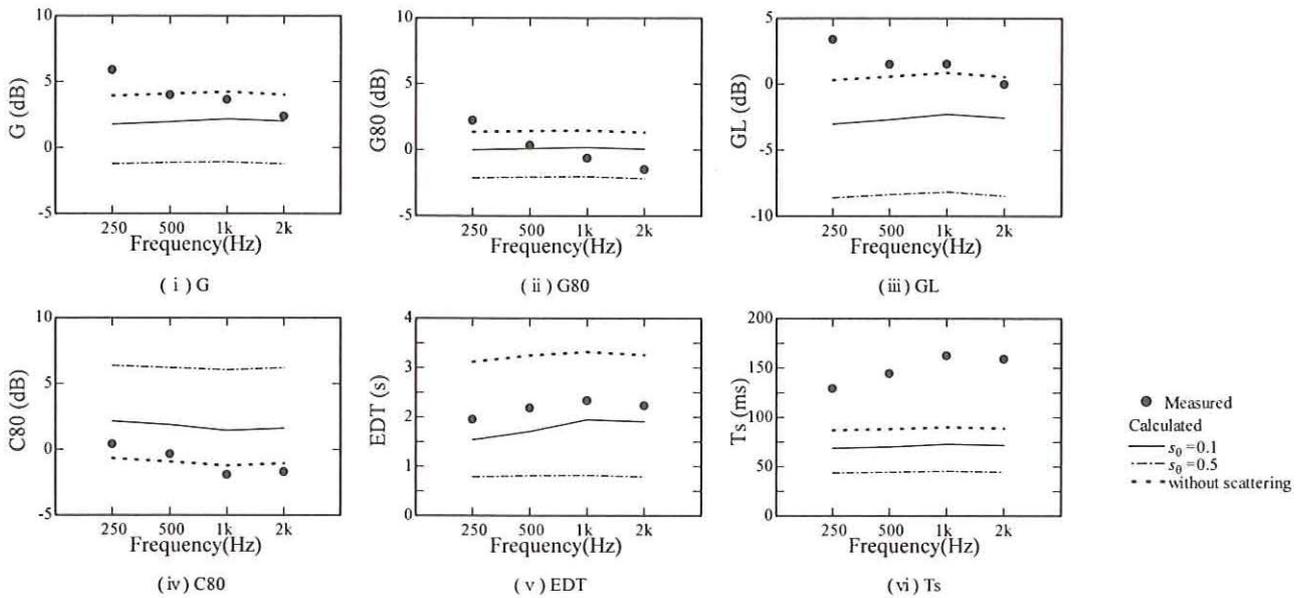


Fig.4 Frequency characteristics of acoustical parameters averaged over observing points (Hall A).

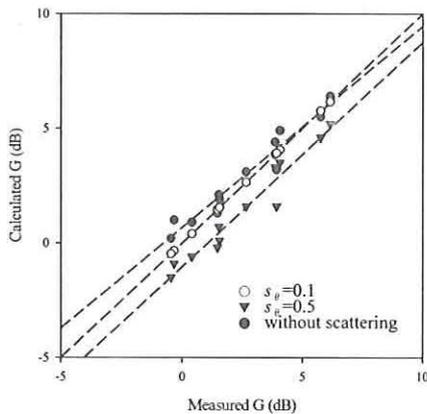


Fig.5 Scattering diagram in correlation analysis between calculated and measured values.

Table 2 Correlation coefficients of acoustical parameters between calculated and measured in Hall A.

Parameter	$s_\theta$	Frequency(Hz)			
		250	500	1k	2k
G	0.0	0.62	0.65	0.76	0.80
	0.1	0.69	0.73	0.80	0.82
	0.5	0.69	0.72	0.75	0.74
G80	0.0	0.65	0.51	0.68	0.80
	0.1	0.73	0.64	0.72	0.80
	0.5	0.71	0.73	0.62	0.63
GL	0.0	0.23	0.56	0.75	0.60
	0.1	0.30	0.60	0.80	0.65
	0.5	0.38	0.48	0.77	0.63
C80	0.0	0.26	0.36	0.63	0.87
	0.1	0.23	0.38	0.63	0.79
	0.5	0.23	0.44	0.66	0.80
EDT	0.0	0.24	-0.14	0.32	0.23
	0.1	0.71	0.24	0.57	0.54
	0.5	0.64	0.47	0.85	0.81
Ts	0.0	0.77	0.78	0.81	0.89
	0.1	0.69	0.71	0.76	0.84
	0.5	0.33	0.26	0.60	0.57

を示しているが、これらの傾向は実測結果においては認められない。

Ts については、解析値と実測値間の差が大きく、解析値は実測値よりも小さく見積られる傾向が認められる。

## 5. 考察

### 5.1 室内音響物理指標の周波数特性

乱反射率  $s_\theta$  の設定条件と音響物理量の関係について、周波数による影響を見るために、全観測点による場内平均値の周波数特性を算出した。結果を Fig.4 に示す。

まず、初期反射音レベル G80 については、低音域では  $s_\theta$  の設定値が低いほど実験値との対応が良く、逆に高音域では、 $s_\theta$  が高いほど対応が良い。これは従来の傾向と一致する。一方、後期反射音レベル GL については、 $s_\theta$

の設定値の影響を大きく受けていることがわかる。すなわち、 $s_\theta=0.0\sim 0.5$  の場合、G80 では平均 3.5dB の変化幅であるのに対して、GL では平均 9.0dB の変化幅を示している。また、 $s_\theta$  の設定値が高いほど実測値との差が大きくなることが認められる。

C80 においても、後期反射音エネルギーの影響を受けるパラメータであるため GL と同様の傾向を示している( $s_\theta=0.0\sim 0.5$  に対して平均 7.2dB の変化幅)。EDT については、周波数による変化は少なく、 $s_\theta=0.1$  の場合に両者はよく一致している。これらの傾向は、他のホールでも同様である。

### 5.2 解析値と実測値の相関関係

解析値と実測値の対応を見るために、空間分布特性に

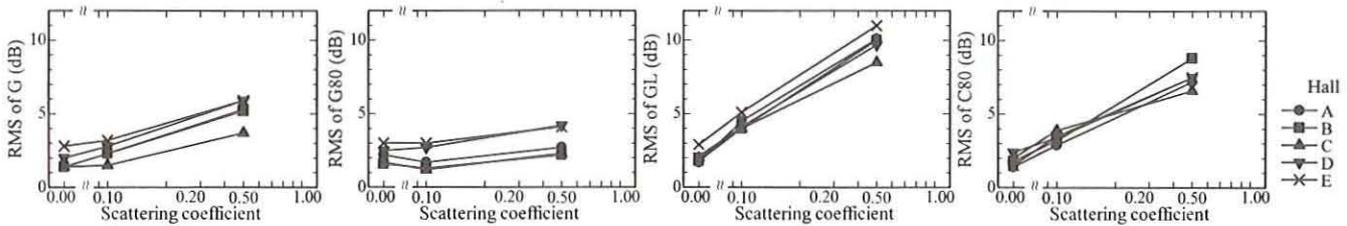


Fig.6 Root-mean-square deviations between calculated and measured acoustical parameters versus scattering coefficients.

おける両者の相関関係について考察する。相関散布図の一例を Fig.5 に、相関係数  $r$  の算出結果を Table 2 に各々示す。

まず、G について見てみる。相関係数  $r$  はいずれの乱反射率  $s_0$  に対しても 0.65~0.96 と高い値を示しており、分布性状をよく捉えている。G80 についても同様である。GL については、周波数が低くなると  $r$  は 0.23~0.38(250Hz) と低い値を示すが、これは幾何音響解析の本質的性質に起因するものである。高い周波数においては、0.60 以上と高い相関を示しており、空間分布性状の傾向をよく捉えていると言える。

C80 および  $T_s$  については、後期反射音エネルギーの影響を受けるため、GL と同様に周波数が低い場合に  $r$  は低く、周波数が高くなるにつれて 0.50 以上と高い相関を示している。EDT については、 $s_0=0.0$  の場合に両値の間に相関関係はなく対応がとれていない。

### 5.3 乱反射率による影響

音響物理量に対する乱反射率  $s_0$  の影響を見るため、解析値と実測値の平均偏差 RMS を算出した。RMS と  $s_0$  の関係を Fig.6 に示す。

まず、初期反射音レベル G80 については、 $s_0$  の違いによる影響は 2dB 程度と小さい。一方、後期反射音レベル GL については、 $s_0$  の 0.0 から 0.5 の変化に対して最大 8dB 程度の変化が認められ、 $s_0$  の影響を強く受けていることがわかる。C80 については、GL と同様である。これらの結果は、後期反射音エネルギーを取り扱う  $T_s$  並びに他のホールの結果においても同様である。

### 6. むすび

5 つの既存オーディトリウムモデルを対象に、乱反射率を導入した音場解析を実施した。解析値と実測値の比較考察から、乱反射率の設定条件が室内音響物理指標に与える影響について明らかにした。また、後期時間領域および低音域における問題点を示した。

今後は、対象周波数範囲と室形状の構成方法の関連など、実用的予測法の確立という視点からさらに検討を進

めていきたいと考えている。

### 謝辞

解析およびデータ整理には、江洲篤実、竹田佳織(九州共立大学学生)両君の協力を得た。ここに記して感謝します。

### 参考文献

- 1) Y.Kosaka and T.Sakuma: Numerical examination on scattering coefficients of architectural surfaces using the boundary element method, *Acoust. Sci. & Tech.* 26(2), (2005) など.
- 2) M.Vorlander and E.Mommertz: Definition and measurement of random-incidence scattering coefficients, *Appl. Acoust.*, 60, 187-199 (2000).
- 3) ISO/FDIS 17497-1, Acoustics – Measurement of the sound scattering properties of surfaces, Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room (2003).
- 4) L.M.Wang, J.Rathsam and S.R.Ryherd: Interactions of model detail level and scattering coefficients in room acoustic computer simulation, *Proc. Int. Symp. RADS 2004*, 40, 1-8 (2004).
- 5) Y.W.Lam: Modelling room acoustics in non-concert hall settings, *Proc. Int. Symp. RADS 2004*, A01, 1-8 (2004).
- 6) 江渕克志,古澤眸,古屋浩: 境界面の乱反射率を考慮した幾何音響解析に関する基礎的検討, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 47 号, 109-112 (2008).
- 7) 中野国隆,江渕克志,古澤眸,古屋浩,黒木荘一郎: 壁面の乱反射率を考慮した幾何音響シミュレーションの検討, 日本音響学会講演論文集(秋季), 1197-1198 (2008).
- 8) 江渕克志,中野国隆,古澤眸,古屋浩,黒木荘一郎: 室境界面の乱反射率を考慮した幾何音響解析法に関する検討 その 2 空間モデルにおける音場解析, 九州共立大学工学部研究報告, 第 33 号, 47-54 (2009).

- 9) E.D.Geest and C.F.McCulloch: Numerical modeling in geometrical acoustics using the conical beam method with applications in architecture, Industry and the environment, *Proc. EURO-NOISE 92*, Book 3, 965-975 (1992).
- 10) H.Kuttruff: *Room Acoustics* (Fourth edition), p110, Taylor & Francis (London and New York) (2000).
- 11) Y.W.Lam: A comparison of three diffuse reflection modeling methods used in room acoustics computer models, *J. Acoust. Soc. Am.*, **100**(4), 2181-2192 (1996).
- 12) A.Wakuda, H.Furuya, K.Anai and K.Fujimoto: Directional characteristics of late sounds in concert auditoria, *Proc. Forum Acusticum Sevilla 2002 (J. European Acoust. Assoc.*, 88), 1-6 (2002)

## 携帯型 GPS の地理情報システムへの適用に関する研究

亀田伸裕\*, 田中邦博\*\*, 安田繁\*\*\*, 楊菲\*, 譜久里茂一\*\*

\*九州共立大学大学院工学研究科環境システム学専攻

\*\*九州共立大学工学部環境土木工学科

\*\*\*九州共立大学工学部環境サイエンス学科

Study on application for Geological Information System by using Handy GPS

Nobuhiro KAMEDA, Kunihiro TANAKA, Shigeru YASUDA, Yang FEI, Sigekazu FUKUZATO

Recently, the analysis that uses GIS (geographic information system) has come to be used in all districts. Collecting from data by a numeric map on the market and the aerophotograph, etc. as a method of collecting the positional data in that case is general. The price of the RTK-GPS equipment is difficult, and however, it is very expensive and handling is very difficult.

In the present study, the measurement result of some handy GPS equipment and RTK-GPS equipment was considered to obtain the reproducibility of which extent when applying to the data of the geographic information system by using handicap GPS that was an easy GPS measurement equipment making comparative study.

Keywords: GIS, RTK-GPS, handy GPS,

### 1. はじめに

近年, GIS (地理情報システム) を用いた解析があらゆる方面で使用されるようになってきた. その場合の位置データの収集方法として, 市販の数値地図や航空写真などによるデータから収集するのが一般的である. しかしながら, これらの地図よりさらに詳細なデータが必要な場合, RTK-GPS 測量によるデータが使用される. この GPS による測量は, 従来の測量方式と比較して人工衛星から送信される電波を利用する測位方式であるため, 測定点間の見通しを確保しながら測量網を構成して行う従来の方式より, 測量作業時間の大幅な短縮および省力化を実現できることに特徴がある. しかしながら, RTK-GPS 機器は価格が非常に高価で取り扱いが非常に難しい.

本研究では手軽な GPS 測量機器である携帯型 (ハンディ) GPS を用いて, 空間情報での GIS (地理情報システム) のデータに用いる場合, どの程度の再現性が得られるかについて, RTK-GPS 機器との測量結果と比較検討して考察した.

### 2. 携帯型 GPS Geko201 による地形解析

#### 2. 1 性能評価

本研究に用いたハンディ GPS は GARMIN 社製 Geko201 (以降 Geko201 と呼ぶ) で図一 1 に示される. 本機の基本性能は以下に示す通りである.

- ・衛星受信: DGPS 対応, 12 並列チャンネル
- ・衛星補足時間: 15~45 秒, 初回起動時約 5 分
- ・更新時間: 1 秒毎に連続
- ・GPS 測位精度: 約 15mRMS 未満, 95% 標準
- ・速度精度: 0. 5m/秒 (定常)
- ・最長電池寿命: 約 12 時間



図一 1 Geko201

- ・防水: 日常生活防水 (IPX7)
- ・使用電池本数: 単四型 1. 5V 乾電池 2 本
- ・幅×高さ×厚さ: 48. 3×99. 1×24. 4(mm)

・重量：88g

Geko201は、小型・軽量で取り扱いも容易であり、初心者にも十分に扱いやすい。なおかつ、GPSとしての基本的な機能も十分である。

## 2. 2 ハンディ GPS 機器の精度について

ハンディ GPS 機器は扱いの手軽さが特徴であるが、その反面、業務用の GPS 測量機器に比較して精度が落ちる。ここでは、そのハンディ GPS の精度について検討する。

表一にスタティック測量とハンディ GPS による測量結果の差を示す。表一の測点は学内の測量実習や実験などで利用している点であり、スタティック測量によって座標が既知となっている3つの点(M・T・B)を利用した。この3点をM→T→B→T→M→(以下、続く)と連続して3往復しながらそれぞれの点をハンディ GPS で座標を記録し、スタティック測量結果との差異(直線距離)を計算によって算出した。その結果、約1m～7m程度の差異がみられ、13点中10点が約3m～5mの差異を示した。差異の平均値は4.196mであった。

## 3. 学内ビオトープ場付近の地形解析

水平方向の精度については、数メートル程度であり、正確な座標を必要としない用途であれば、概ね問題ないという結果を得たので、ハンディ GPS を用いて九共大ビオトープ内の小丘で測量を行い、地形解析を試みた。ハンディ GPS による測量においては、合計で399個の点をとったが数十分程度で終わることができ、RTK-GPS 測量に比べれば時間はほとんどかからなかった。一部、雑草の繁茂によって立ち入ることが困難な場所もあり、小丘周辺を含めて全体を網羅することはできなかったが、小丘周辺部も含めてできる限り多くの測定を行った。このハンディ GPS は高さのデータも取得できる。RTK-GPS での測量結果と比較しても、1～2m程度の差異となっており、平面的な測定精度程度となっているため、標高データについても、詳細な数値を必要としないければ、十分といえる。図一にハンディ GPS による測量結果を示す。地形の高低の変化はあるていど見えるが、南側の森林に近いところで測定値の差異が大きくなっているところがあり、その部分に解析結果が大きく影響されている。森林の樹木が覆いかぶさっている付近は、測量精度が低下し、差異が大きくなったものと考えられる。こ

のことから、ハンディ GPS を用いる場合には、上部が十分に開いているかどうかを確認する必要があると言える。



図一2 ハンディ GPS による測量結果

次に、ハンディ GPS を使った地形解析結果から TIN データを作成し、3次元の3Dモデルの作成を行った。図一に TIN データの作成結果を示す。図一を Arc Scene で3次元表示したものを図一に示す。ハンディ GPS で取得した標高データから得られた TIN データを用いた3次元モデルは、図一の RTK-GPS を用いた場合のモデルと比較して凹凸が激しく、正しい形を示しているとは言い難い。ビオトープ場は高低差が4～5m程度で、ハンディ GPS でも高さのデータを得られるが、隣り合う場所であっても数十センチ程度の誤差が発生しているため、このような結果に



図一3 TINデータの作成結果

なったといえる。データを内挿してラスタ変換を行って、高低差から地形図を求める場合には、データが平均化されることから、極端にかけ離れた結果とはならないが、測定点を頂点とする TIN データを用いた3次元モデルの場合には、再現性が低下することが分かった。

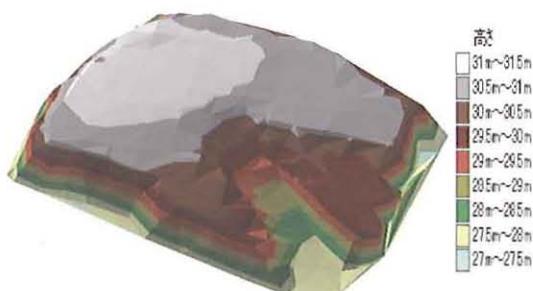
表一 1 スタティック測量とハンディ PS による測量結果の差

測点	スタティック測量		ハンディGPS		差異 (直線距離)	0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m
	緯度	経度	緯度	経度		
M1	33°52'13.7867	130°42'19.0622	33°52'13.9	130°42'19.1	3.646m	
T1	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.7	130°42'05.8	5.210m	
B1	33°52'17.3864	130°42'03.8337	33°52'17.4	130°42'03.8	0.952m	
T2	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.6	130°42'05.7	2.273m	
M2	33°52'13.7867	130°42'19.0622	33°52'13.9	130°42'19.0	3.857m	
T3	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.7	130°42'05.8	5.210m	
B2	33°52'17.3864	130°42'03.8337	33°52'17.5	130°42'03.8	3.613m	
T4	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.7	130°42'05.8	5.210m	
M3	33°52'13.7867	130°42'19.0622	33°52'13.9	130°42'19.0	3.857m	
T5	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.7	130°42'05.7	5.159m	
B3	33°52'17.3864	130°42'03.8337	33°52'17.5	130°42'03.8	3.613m	
T6	33°52'15.5374	130°42'05.7464	33°52'15.7	130°42'05.7	5.159m	
M4	33°52'13.7867	130°42'19.0622	33°52'14.0	130°42'19.0	6.783m	

※ 国土地理院測地部のデータ変換プログラムを使用



図一 4 3次元モデル (Geko 201)



図一 5 3次元モデル (RTK-GPS)

#### 4. 携帯型 GPS Mount Mini による地形解析

Geko201 を用いた測量結果では、高さ方向の精度が悪いことが判明した。Geko201 は GPS からの情報を元に高さを「海面からの高さ」で表示する機能から求めていた。このため、よりよい高さ情報を求めるハンディ GPS による検討を行った。用いた機種は EMPEX 社製の Mount mini FG-535 (以降 Mount mini と呼ぶ) で図一 6 に示

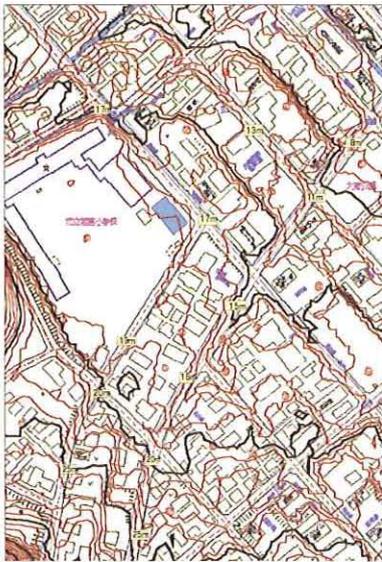
す。機能、緯度、経度座標精度は Geko201 とほぼ同一であるが、高度計として気圧高度センサー (計測範囲 600m~9,000m, 精度は読み値の±3%) を内蔵している。これは、100m 上昇すると気圧は約 12hPa 下がるという高度と気圧の理論を利用して、大気圧を高度に換算しているシステムで、低気圧の接近などによって気圧は上下するので、気圧式高度計の場合は使用前に地点高度を事前にセットする必要がある。



図一 6 Mount mini

#### 4. 1 福岡市東区若宮校区の地形解析

筆者らは 3 年前から福岡市東区若宮小学校校区内の安全マップ作成のため、小学生と一緒に校区内の登下校時の危険地域の調査を行っており、このときにハンディ GPS を一緒に持ち歩いて正確な位置測定を行っている。今回、この調査地での Mount mini を用いた結果を図一 7 に示す。



図一七 若宮校区の地形解析結果

本地区は北側から南側にかけて6～8度のなだらかな登り傾斜をもつ地形で、図中の等高線は、福岡市の数値地図5mメッシュ(標高)からGISで求めたもので、GPSの測定値とほぼ同一高度を示すことが分かった。

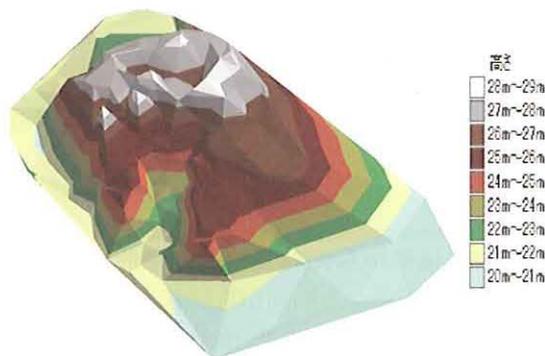
#### 4. 2 ビオトープ場の地形解析

前述のGeko201と同様に、大学構内のビオトープ場の地形解析を行った。

実施日時：平成21年10月6日、7日、8日

測定点 総計 589点

高さの固定基準点として、ビオトープ場内に設置してあるベンチマーク(標高20m)を用いた。図一八はMount miniの地形解析結果から、TINデータを作成し3次元表示したものである。



図一八 3次元モデル(Mount mini)

図一四のGeko201による3次元モデル結果と比較してみると、中央部の一部がやや高低差に誤差が見られるが、図一五のRTK-GPSの3次元モデル結果と同様の傾向がみられる。しかし、高

さが数10cm～1m程度の急激に変化する場所では、高低差に変化が見られない。この原因として、気圧式高度計は数mから数百mのオーダーを単位とする高さを測定するものであるため、数10cmから1m程度の小さな急激な高低差がある地形での測定には不向きと言える。

#### 4. 3 大学周辺の折尾地区の地形解析

2種類のハンディGPSを用いて、大学構内の狭いビオトープ場の小丘でも、ある程度の精度で3次元モデルが作成できることが分かった。しかし、高低差10m未満のところでは3次元モデルで表現しづらかったため、範囲を広げて数10mの高低差がある大学周辺の折尾地区の地形解析を試みた。

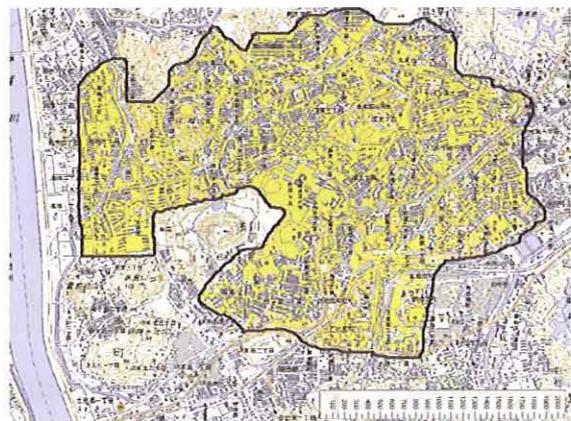
実施日時：平成21年10月30日、11月18日、25日、26日、12月2日、3日

使用機器：mount mini、Geko201

測定点 総計 1204点(mount mini)

1234点(Geko201)

mount miniの高さの固定基準点として大学グラウンドを標高25mと地図から読み取り設定し、標高データの補正に用いた。測定範囲を次の図一九に示す。なお、測定は自転車を用いて、公道上の交差点などで停車して測定を行い、私有地や道がない山などの場所は測定できなかったため全体を網羅することはできなかった。範囲が広がったので6回にわけて測量を行った。



図一九 大学周辺の折尾地区測定範囲

図一〇にmount miniによる地形図の作成結果を示す。合計で1204個の点をとっており、ある程度地形の高低の変化は分かるが、1回目にとったデータが正しい標高になっていないと思われ、図一〇の西側の地形に現れているように、川の

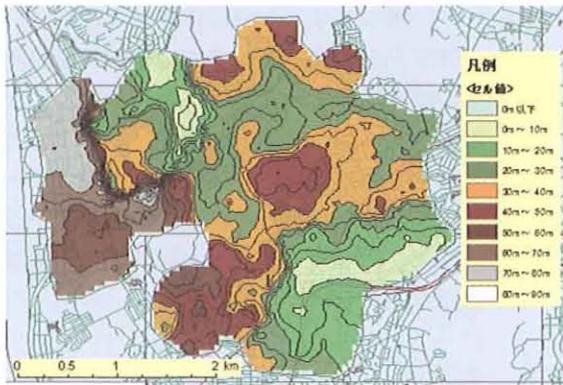


図-10 mount mini による地形図

横で低く平坦な地形において一番標高が高い形状になってしまっている。周りに大きな建物や山などの障害物はなかったが、こういうデータになったのは標高の補正值や測定の方法に何らかの問題があったのではないかとと思われる。

図-11に Geko201 による地形図の作成結果を示す。合計で 1234 個の点をとっており、全体的に大幅なずれのあるおかしなデータはなく地形図もある程度の精度で表現できていると思われるが、mount mini と比較すると、高低差の変化が小さくなっている。

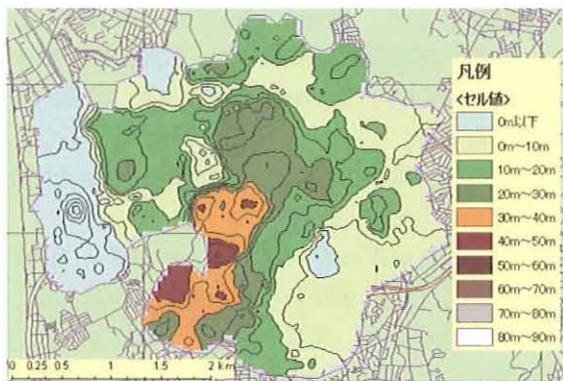


図-11 Geko201 による地形図

次に地形解析結果から TIN データを作成し、3次元モデルの作成を行った。

図-12に mount mini の TIN データを、図-13に Geko201 の TIN データをそれぞれ示し、これらのデータを Arc Scene で3次元表示したものを図-14、図-15に示す。

これらのハンディ GPS による測量結果との比較のため、国土地理院発行の数値地図 50m メッシュ標高データから作成した地形図を図-16に、この地形図から TIN データを作成し、3D 表示したものを図-17にそれぞれ示す。最も現実の地形に

近いと判断できるモデルである。

数値地図 50m メッシュ標高の 3D モデルと、ハ

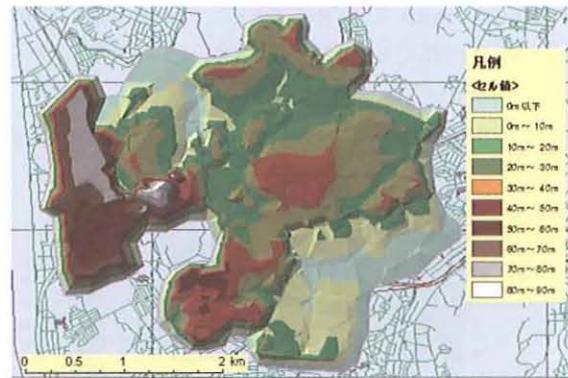
図-12 TIN データの作成結果  
(mount mini)

図-13 TIN データの作成結果(Geko201)



図-14 3次元モデル(mount mini)



図-15 3次元モデル(Geko201)

ンディ GPS による測量結果から得られたモデルをそれぞれ比較して、その差異を見る。

Mount mini の結果において、遠賀川沿いの地域の標高が高くなっているのは、データにエラーがあるためであると判断できる。



図-16 数値地図 50m メッシュによる地形図



図-17 3次元モデル  
(数値地図 50m メッシュデータ)

本学周辺で特徴的な地形は日ノ峰山であり、mount mini では山型の形状が現れているが、Geko201 のほうはなだらかな形状となっており、山の形状になっていない。

日吉台周辺の丘陵地についても、mount mini の方が標高の変化に対する反応がよく、Geko201 の方は丘陵地としての形状が現れていない。

一方、医生ヶ丘から本城にかけて、なだらかに標高が変化していく場合には、どちらのハンディ GPS でも地形の変化を捉えているが、機器の違いによる標高の違いが現れており、mount mini のほうが標高が高く出て、Geko201 の方が標高が低く出ている傾向が見られる。

2つの機種とも、山登りやホビーユースのレジャー向け製品ではあるが、詳細なデータの入手が困難な場合における、簡易的な地形の把握においては、どちらも十分な結果となっているといえる。

ただし、ハンディ GPS は標高データの補正と

チェックに関しては、十分に注意しなければならない。GPS からの高さデータの取得が可能であるが、その精度はあまりよいとはいえない。すなわち、今回の mount mini の測量で、遠賀川付近の地形測量を実施した時に、高さデータのエラーが見られたことから、機器の設定や受信しているデータの正確さについては、その場で十分に確認しなければならない。

## 5. まとめ

従来の研究で、ハンディ GPS と RTK-GPS 機器を用いて、平面方向の精度について検証してきており、平面方向で数 10m 規模の地形（学内ピオトープの小丘など）でも適用可能であることが分かっている。

今回、標高データについても検証を行ったところ、3m~5m 程度の誤差を持つハンディ GPS のデータを用いたモデルでは、学内ピオトープ場の小丘（高さ約 4.5m）では測定対象に対して誤差が大きく、よい結果が得られなかった。標高の値を比較しても、RTK-GPS では最大値が 31.697m、最小値が 27.165m であったが、ハンディ GPS (mount mini) では最大値で 27.4m、最小値で 19.8m であり、約 4m~8m の誤差が発生した。

一方、測量範囲を拡大して、平面方向で約 4km 四方、高さ方向で約 70m の範囲において地形を測量した結果、ハンディ GPS の持つ誤差を含んだ場合でも、地形の概略について把握できる程度の精度が得られることができた。

しかし、高度計を内蔵しないハンディ GPS が得ている GPS 衛星からの標高データは、正しくない場合もあり、測量を行うその場できちんとした補正とデータの確認を行うことは必須である。できれば、標高が明確になっている基準点などで、正確な標高で補正を行ってから測量を行うことが必要である。

## 参考文献

- 1) 安田繁、原喜則、亀田伸裕、田中邦博、小島治幸、ハンディGPSを用いた導入教育と応用例、応用測量論文集、Vol.19,pp.17-24,2008.6
- 2) 安田繁、畑岡寛、亀田伸裕、田中邦博、ハンディGPSを用いた測量実習と研究利用、応用測量論文集、Vol.20,pp.123-128,2009.6

## 農産物品種識別法としてのDNA分析法の検討

林葉 康彦\*・小池佑弥\*\*・田中 雄二\*・米村 康平\*\*\*・塚脇 博夫\*\*\*・甲斐原 梢\*

\*九州共立大学工学部生命物質化学科

\*\*九州共立大学大学院工学研究科環境システム学専攻

\*\*\*ビジョンバイオ株式会社

### Identification of Agricultural Products Brand with DNA Analysis

Yasuhiko HAYASHIBA, Yuya KOIKE, Yuji TANAKA, Kouhei YONEMURA,

Hiroo TSUKAWAKI, and Kozue KAIBARA

As processed foods have come into wide and daily use recently, the needs for safety and reliability warranty are increasing year by year. However, consumers can confirm the ingredients of processed foods only by attached labels in which false descriptions are listed repeatedly. The most rigorous inspection of processed foods can be performed by the DNA analysis, though only a few of the foodstuffs have been completed the whole genome analysis. "Ohma's TAKENOKO" is one of the special products in Kitakyushu district as a national brand. Elimination of illegal products and saving the brand quality, we attempted to detect DNA polymorphic region in bamboo shoot. As compared between *Phyllostachys pubescens* (MOSO bamboo) and *Phyllostachys bambusoides* (MADAKE), we confirmed DNA polymorphic region with random primers. According to the estimated polymorphic region's sequence, we designed and synthesized some sequence tagged site's primers and reapplied to detect their region. One of the designed primer pair amplified the special region.

Keywords : DNA Analysis, DNA polymorphism, Sequence tagged site, Primer design, Bamboo shoot

### 1 緒言

近年、食品の産地偽造や原材料不正表示などの問題により、消費者の「食の安心・安全」に対する関心が高まっている。海外への食糧依存の高い我が国にとって、消費者の「食の安心・安全」の確保や国内生産者の育成者権を守ることは非常に重要である。育成者権を保護するため、2003年4月に改正・施行された関税定率法により、輸入禁制品として、育成者権侵害物品が対象に加えられた。また同年7月に種苗法が改正・施行され、収穫物段階での権利侵害について罰則を適用することとし、法人による権利侵害に対する罰金額の上限が引き上げられた。これら種苗法や関税定率法の実効を上げるために、DNA多型検出法による品種識別技術が注目されている<sup>1)</sup>。2005年12月に改正された種苗法では、育成者権の効力が加工食品にまで及ぶと改められた。加工食品は細片化または碎片されているものが多く、形状による識別が困難であることが想定されるため、DNA多型分

析による品種識別が必要不可欠となっている。植物分野においては品種識別のための研究開発が進められてきているが、品種識別法として実用化されているものは極一部の植物に限られている<sup>2)</sup>。

北九州における農産物特産品のひとつとして、合馬(北九州市小倉南区)のタケノコがある。合馬のタケノコは新春の食材として全国区ブランドとなっている。合馬のタケノコを他産地のタケノコと識別できればブランドの維持や、偽装品の排除が容易になる。我々は、合馬のタケノコが遺伝子レベルで他のタケノコと区別できないかと考えた。

植物の繁殖様式には自殖性、多殖性、栄養繁殖性の3つがあり、栄養繁殖性であるタケノコは同品種間のDNAに差異はないとされている。本研究ではモウソウチクである合馬のタケノコおよびマダケについてDNA多型検出法の検討を行った。

## 2 実験

### 2.1 実験材料

モウソウチク：福岡県(合馬)産、熊本県産、  
愛媛県産

マダケ：福岡県産

### 2.2 ゲノム DNA の抽出

試料を-80°C で凍結後、粉碎しファイトピュアー(GE Healthcare 社)を用いてゲノム DNA を抽出した。抽出後、分光光度計による吸光度測定を行い、DNA 収量を算出した。

### 2.3 Random Amplified Polymorphic DNA 法 (RAPD 法)

上記で得られたゲノム DNA を鋳型としオペロン社のランダムプライマー40種(OPA01～OPA20、OPB01～OPB20)を合成したものをを用いて polymerase chain reaction (PCR)増幅を行った。PCR 増幅によって得られた反応液を 2.0%アガロースゲルで電気泳動した。泳動後、エチジウムブロマイドで染色し、トランスイルミネーター上で紫外線照射を行い、泳動パターンを観察した。

### 2.4 ゲルエクストラクション

DNA 多型が確認されたアガロースゲルから目的とするバンドを切り出し、DNA Gel Extraction Kit (STRATAGENE 社)によって DNA 抽出を行った。1.5%アガロースゲルで電気泳動を行い、抽出物の確認をした。

### 2.5 TA クローニング

抽出した DNA 断片は、TOPO TA Cloning Kit (Invitrogen 社)で TA クローニングを行った後、カラーセクションによって、目的とする DNA 配列を含むコロニー(ホワイトコロニー)を得た。

### 2.6 プラスミドの抽出

選択したホワイトコロニーを LB 培地に植え継ぎ、アルカリ-SDS 法によりプラスミドを抽出後、RNase を用いて RNA を除去した。制限酵素 EcoRI で切断、または PCR 増幅を行った後、1.5%アガロースゲル電気泳動によってインサート DNA を確認した<sup>3)</sup>。

### 2.7 塩基配列解読(シークエンス)

得られた DNA の配列を確認するため、ABI310 オートシークエンサー(Applied Biosystems 社)を用いてプラスミド DNA にデザインされている M13Forward、M13Reverse の間にインサートされている配列を解読し、既知配列であるランダムプライマーに挟まれた部分の配列をインサート DNA の配列とした。

### 2.8 プライマーの作製

プライマー作成支援ソフト(Primer3)を用いてインサート DNA の配列から独自のプライマーを作製した。

### 2.9 作製したプライマーによる PCR

表 1 の条件で各タケノコの PCR 増幅を行い、1.5%アガロースゲルで電気泳動処理し、バンドの確認をした。

表 1. PCR 条件

温度/°C	所要時間/分	サイクル/回
94	2	1
94	0.5	
Tm*	1	35
72	0.5	
4	∞	

\*Tm : Thermal melting temperature

## 3 結果と考察

### 3.1 RAPD 法における DNA 多型

ランダムプライマー40種で PCR 増幅を行ったところ、OPA19、OPB01、OPB20 において DNA 多型が確認できた(図 1)。

### 3.2 Sequence Tagged Site (STS)化

RAPD 法は、塩基配列の情報を必要とせず簡便であり、10 塩基程度の短いプライマーを使用することによって DNA の複数の領域を一度に分析するため、その情報量は極めて多い。しかし、再現性に問題がある<sup>4)</sup>。よって、RAPD 法で認められた特異的なバンドを形成する部位の配列を読み取り、その中のランダムプライマー部位から数塩基から数十塩基伸長させたプライマーを作製する(STS 化)必要があると判断した。

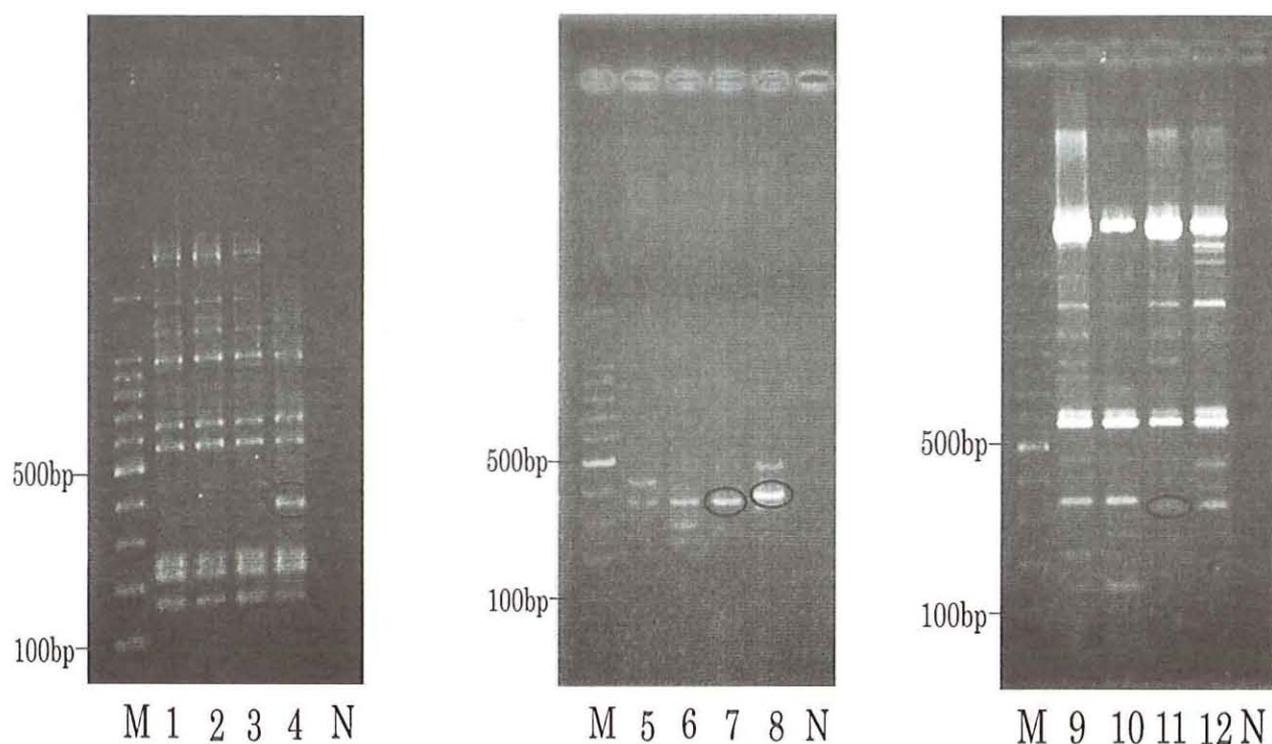
### 3.3 ゲルエクストラクションからの

#### DNA 断片の確認

RAPD 法で得られた泳動ゲルから単離・精製された DNA 断片の一部をさらに電気泳動処理したところ、目的とする DNA 断片のバンドが確認できた(図 2 の 1 レーン、3 レーン、4 レーン)。ただし、2 レーンはバンドが確認できなかったが、視認できない程度の抽出量であると推定し、以降の実験に供した。

### 3.4 インサート DNA の確認

TA クローニング後、カラーセクションを行い、ホワイトコロニーからプラスミドを抽出し、イン



A. OPA19 による増幅結果

B. OPB01 による増幅結果

C. OPB20 による増幅結果

M : 100bp ラダーマーカー

1 : OPA19 + モウソウチク(福岡)

2 : OPA19 + モウソウチク(熊本)

3 : OPA19 + モウソウチク(愛媛)

4 : OPA19 + マダケ(福岡)

N : ネガティブコントロール

M : 100bp ラダーマーカー

5 : OPB01 + モウソウチク(福岡)

6 : OPB01 + モウソウチク(熊本)

7 : OPB01 + モウソウチク(愛媛)

8 : OPB1 + マダケ(福岡)

N : ネガティブコントロール

M : 100bp ラダーマーカー

9 : OPB20 + モウソウチク(福岡)

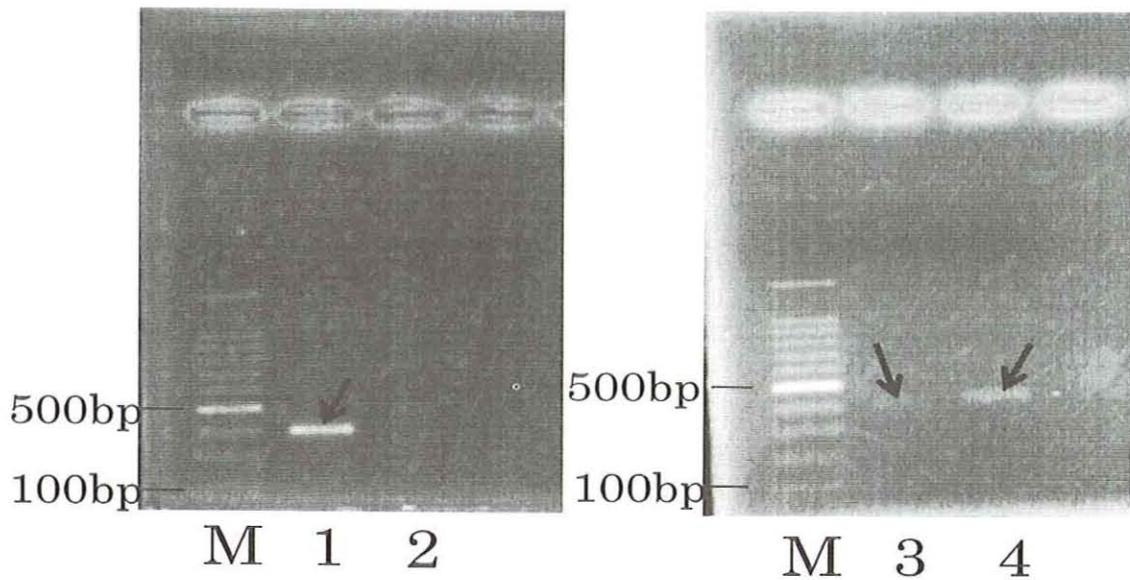
10 : OPB20 + モウソウチク(熊本)

11 : OPB20 + モウソウチク(愛媛)

12 : OPB20 + マダケ(福岡)

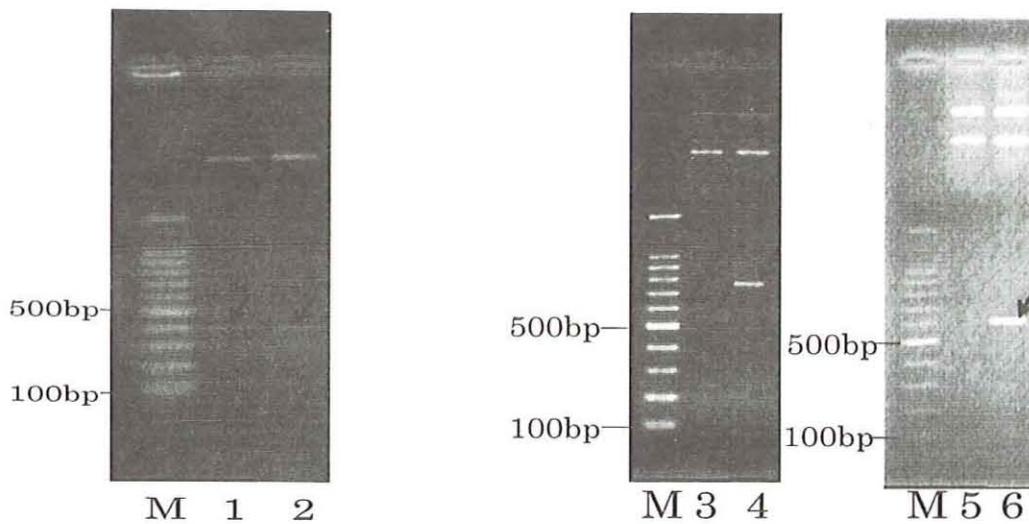
N : ネガティブコントロール

図 1. RAPD 法における DNA 多型の確認



M : 100bp ラダーマーカー      1 : OPA19 + マダケ(福岡)      2 : OPB20 + モウソウチク(愛媛)  
 3 : OPB01 + モウソウチク(愛媛)      4 : OPB01 + マダケ(福岡)

図2. ゲルエクストラクションの確認



A. 制限酵素 EcoRI による切断

M : 100bp ラダーマーカー  
 1 : OPB01 + モウソウチク(愛媛)  
 2 : OPB01 + マダケ(福岡)

B. PCR 増幅

M : 100bp ラダーマーカー  
 3 : マダケ(福岡) と OPA19 + M13Reverse  
 4 : マダケ(福岡) と OPA19 + M13Forward  
 5 : モウソウチク(愛媛) と OPB20 + M13Reverse  
 6 : モウソウチク(愛媛) と OPB20 + M13Forward

図3. インサート DNA の確認

サート DNA の確認をした。インサート DNA の確認方法としては制限酵素による確認、PCR による確認が知られている<sup>5)</sup>。本実験ではランダムプライマー OPB01 を用いて多型が確認できたモウソウチク(愛媛)、マダケ(福岡)由来の DNA を含むプラスミドを制限酵素 EcoRI で切断した(図3)。同じくランダムプライマー OPA19、OPB20 を用いて多型が確認できたマダケ(福岡)、モウソウチク(愛媛)由来の DNA を含むプラスミドを PCR 反応に供して挿入部分を増幅させることによってインサート DNA の確認を行った(図3)。

### 3.5 シークエンス

抽出したプラスミドの M13Forward、M13Reverse の配列間をオートシーケンサーによってシーケンスした結果、ランダムプライマー OPB01 を用いて多型が確認できたマダケ(福岡)の DNA 断片の配列が解析できた(図4)。解析できなかった他の検体については、解析結果に複数の配列が重なっていたため、抽出したプラスミドを再度クローニングし、カラーセレクションを行ったところ、ホワイト、ブルーコロニーが確認された。このことはホワイトコロニーの中にセルフライゲーションした菌体が混入しているためだと考えられ、今後の課題とした。

```
GNTNNNNANANCGACTNCTATAGGNNNNNTATTGGG
CCCTCTAGATGCATGCTCGAGCGGCCGCCAGTGTGA
TGGATATCTGCAGAATTCGCCCTTGTTTCGCTCCTT
GGGGGCTAAGACGCAAGATGATGAGGGTGTAGAGAG
GAGGTGATCACTGGTTCACCGGTGGCGACAAGGCGG
CACTTCAGCCGAAAGTAGAGCTCGGGTTCCTCGGTG
GAATTAGGTAAGGAAGGAAGTGGAGGAGGAGAAAGG
TGGCTCAAGGGAGGTCCAGAGGTGATGAAGAGGGGA
AAATGGAGAGCTCCCGGTGGCTTTTATAGCCAAGCG
GCGGAGCACTCACAAGGAGACGCCCGGCATGGGCGG
TGGTGCCTTCGCTCACGGACATACGGGCATGGGTGT
TGGTGAGTGAGAGACACCCACATGACCGGCCATTAA
GGGTGCACGGGAGATGCGGGCGAGGAGGAGCGAAAC
AAGGGCGAATTCAGCACACTGGCGGCCGTTACTAG
TGGATCCGAGCTCGGTACC
```

※        はランダムプライマー相当部分  
 → ← はインサート DNA

図4. OPB01 を用いて得られた  
 マダケ(福岡)の DNA 配列

### 3.6 STS 化プライマーの作製

Primer3 から得られる DNA 配列情報を参考にしながら、図4に示すランダムプライマー相当部分からグアニン・シトシン含有量、分子内高次構造の形成、3'末端の塩基を考慮し<sup>5)</sup>、数塩基から十数塩基伸ばしたプライマー設計を検討した。これにより PCR に適切な STS 化プライマー<sup>5)</sup> TMB01-1、TMB01-2 が作製できた(図5)。

```
TMB01-1
F:GTTTCGCTCCTTGGGGGCTAAG
R:CCATTTTCCCTCTTCATCA
```

```
TMB01-2
F:GGAGGTCCAGAGGTGATGAA
R:GTTTCGCTCCTCCTCGCC
```

.....ランダムプライマー相当部分

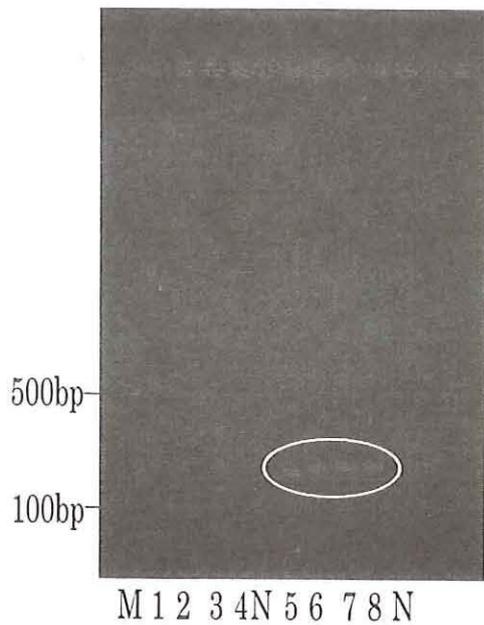
図5. 作製したプライマー

### 3.7 作製したプライマーによる PCR

作製したプライマーを用いて、各タケノコに対して表1で示す条件で PCR 増幅反応を行ったところ、TMB01-2 を用いた反応に対してバンドが確認できた(図6)。TMB01-1 はプライマー設計上、PCR 反応条件に適切な条件を満たしているが、増幅結果が得られなかったため、フォワードのランダムプライマー配列を有するものについては再検討が必要となった。

## 4 まとめ

タケノコの DNA 多型を RAPD 法により特定し、STS 化により再現性を高めるという手法で独自のプライマー(TMB01-1、TMB01-2)が作製できた。これらのプライマーで実験に用いた検体を PCR 増幅したところ、TMB01-2 での PCR で全検体に同じ断片長が増幅されることを確認した。今回の実験によりタケノコ間の品種識別マーカーの作製には至らなかったが、TMB01-2 はタケノコの識別マーカーであると推測できる。今後、このマーカーでタケノコと他の植物を比較する予定である。また、RAPD 法により他の DNA 多型部位を見つけ、STS 化することでタケノコの品種識別マーカーの作製ができると考えられ、これを今後の課題とした。



- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1: モウソウチク(福岡)    | 2: モウソウチク(熊本)  |
| 3: モウソウチク(愛媛)    | 4: マダケ(福岡)     |
| 5: モウソウチク(福岡)    | 6: モウソウチク(熊本)  |
| 7: モウソウチク(愛媛)    | 8: マダケ(福岡)     |
| M: 100bp ラダーマーカー | N: ネガティブコントロール |

図 6. 作製したプライマーでの PCR 産物  
 レーン 1～4 : TMB01-2 を使用  
 レーン 5～8 : TMB01-2 を使用

#### 参考文献

- 1) 原田久也：育成者権保護のための制度と技術，農業および園芸，第 79 巻，第 1 号，103-105 (2004)
- 2) 矢野博：DNA 多型分析による品種識別の可能性－植物における DNA 多型検出技術とその応用－，農業および園芸，第 79 巻，第 1 号，131-136 (2004)
- 3) 中山広樹・西方敬人：細胞工学別冊 「目で見える実験ノートシリーズ バイオ実験イラストレイテッド②遺伝子解析の基礎」，秀潤社 (1995)
- 4) 槇智之・小岩智弘：水産物の表示と疑義判別法の検討－スズキとナイルパーチの判別－，農林水産消費技術センター調査研究報告，No. 27, 1-7 (2003)
- 5) 中山広樹：細胞工学別冊 「目で見える実験ノートシリーズ バイオ実験イラストレイテッド③新版本当にふえる PCR」，秀潤社 (1998)

## 洞海湾に自生する絶滅危惧植物の保護

成富 勝<sup>(1)</sup>、安田 繁<sup>(2)</sup>、壽福 聡<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>九州共立大学工学部環境サイエンス学科教授、

<sup>(2)</sup>九州共立大学工学部環境サイエンス学科技師、

<sup>(3)</sup>九州共立大学工学部環境サイエンス学科

### The protection of endangered plants that grow naturally in the Bay of DOKAI

Masaru NARITOMI, Shigeru YASUDA and Satoshi JYUFUKU

Various plants are in danger of extinction now. The areas reduce to the tidal flats that are the growth places of the halobionts by the bank protection and reclamation. The number of growth places decrease rapidly because of the influence. In the present study, it aims to investigate the protection of SHIBANA that was the endangered plant in the Gulf of DOKAI, the establishment of the growth method, and those environments.

Key words: the Bay of DOKAI, SHIBANA, endangered plant, conservation, halobiont

#### 1. はじめに

北九州のほぼ中央部に位置する洞海湾は漁業資源が豊富な海であったが、1950年代の高度経済成長に伴う環境汚染によって死の海と呼ばれるようになった。しかし、今日までの様々な対策によって汚染は解消され、生物が多く集まる豊かな海となっている。現在では絶滅危惧植物の生育が確認されており、これらの保全活動および環境調査が必要である。

本研究では、洞海湾の干潟に生息している塩生植物『シバナ』の保護および生育方法の確立とそれらの環境を調査することを目的とした。

#### 2. 洞海湾の塩生植物

##### 2.1 塩生植物とは

塩生植物とは、マングローブやシバナ、ハマボウなど高塩分濃度の環境下で生育する植物をいう。干潟や河口など内湾性の干潮時には陸地になり、満潮時には海水や汽水に浸かる場所に生育している。近年、護岸工事や埋め立てなどにより生育域が減少しており、そのため、塩生植物数も減少している。

##### 2.2 シバナとは

シバナとはホロムイソウ科の単子葉の多年草で、河口や干潟の緑の塩分を含む湿地に生える。葉は根生し、断面は半円形、長さは10~40cm、5月~10月に直立する高さ15~50cmの花茎を出し、多数の淡い黄緑色の花をつける。北海道から九州まで見られる(神

奈川や静岡では絶滅が確認されている)が、内湾性の波の静かな波打ち際に群落をつくるため、近年、護岸工事や埋め立てなどにより生育域が減少しており、西日本では絶滅の危機にある。写真-1にシバナを示す。



写真-1 シバナ

##### 2.3 ハマボウとは

ハマボウとはアオイ科の落葉低木で、河口付近の干潟の陸側や湿地帯に生育する。樹高は3mほどになり、全体を細かい毛で覆われている。花期は7月から8月で5cm程度の中心が赤褐色の黄色の花を咲かせる。写真-2にハマボウを示す。



写真-2 ハマボウ

#### 2. 4 八幡西区本城橋付近の干潟

八幡西区本城橋付近に干潟があり、周辺の環境は住宅地や工業地帯と隣接している。ゴミの漂着が多く、現在では企業や市民により定期的に清掃活動が行われている。塩生植物であるシバナやハマボウ、シオクグなどが生育している。写真-3 に八幡西区本城橋付近の干潟の植生を示す。

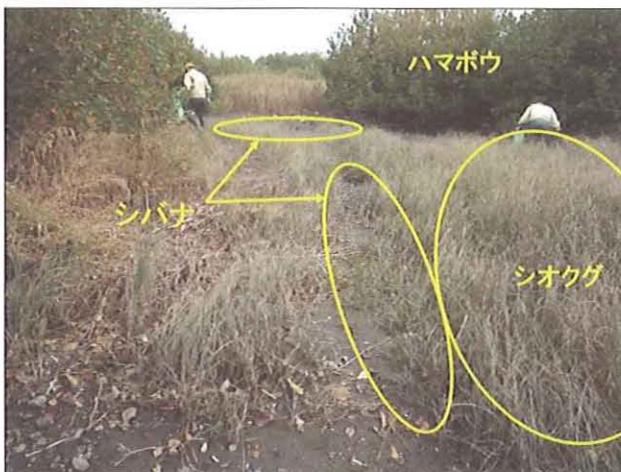


写真-3 八幡西区本城橋付近干潟の植生

#### 3. これまでの取り組み

これまで、平成16年にNPO北九州ビオトープ・ネットワーク研究会が主催した洞海湾の清掃活動において、八幡西区本城橋付近の干潟に塩生植物シバナが自生している群落を確認した。平成17年以降、北九州市の「みなとや海辺の活動支援」によるシバナの保全活動を行っている。

本年度は、保全活動と並行して繁殖活動にも取り組み、3月上旬にシバナおよびハマボウの栽培を開始した。3月下旬に発芽し、その後ビニールポットに植え替えている。

今回の研究活動として7月上旬に九州共立大学ビオトープ池に移植場所を造成し、7月中旬にはシバナの移植を行った。また、10月上旬にシバナおよびハマボウを、現生地である八幡西区本城橋付近の干潟に移植を行った。

#### 4. シバナの繁殖実験概要

##### 4. 1 播種と苗作り

播種は、平成21年3月9日に行った。バレットに育苗用の土を敷き、その上に播種し土を被せた。

その後、3月25日に発芽を確認し（発芽率は52%）、4月には9cmビニールポットに移植した。写真-4にシバナおよびハマボウの播種の様子を示す。



写真-4 シバナとハマボウの播種の様子

##### 4. 2 学内ビオトープへの移植

まず、前準備として移植するための場所を、九州共立大学ビオトープ池に造成した。図-1に学内ビオトープの概略図を示す。

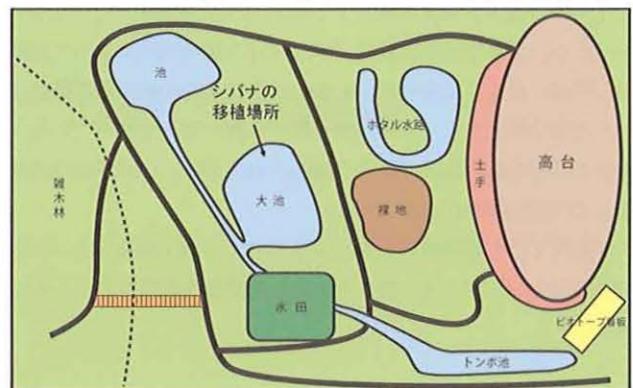


図-1 学内ビオトープ概略図

はじめに、学内の竹林から竹を切り出し、約80~90cmに切りわけ、それらを半円状になるように打ち付け、ヤシガラを絡めて土留めをした。移植場所の土壌は池の側面の土壌を崩し造成した。

シバナが自生している八幡西区本城橋付近の干潟は砂や泥によって形成された土壌が潮の満ち干きによって陸地と海面下になることを繰り返す地形である。今回造成した移植場所は環境が異なり、水は海水ではなく淡水で、潮の満ち干きは一日二回の地下水の汲み上げによる水位変動と、自然降雨のみである。

移植は、土壌が落ち着いた10日後の7月13日に行った。移植方法は以下の3通りとした。

- ① 株数を1株にしたもの
- ② 株数を2株にしたもの
- ③ 株を密にしたもの

移植した様子を写真-3に示す。このように移植方法を変えたのは、密生具合によって生長に差が生じるかどうかを確認するためである。写真-5に学内ビオトープへ移植したシバナの状況を示す。



写真-5 学内ビオトープへ移植したシバナの状況

#### 4.3 現生地への移植

現生地への移植は、10月9日の干潮時に2箇所に分けた。移植場所の周辺に波の影響を緩和するため、岩を置いて緩衝壁とした。

- ① 満潮時、水位が高く水没するところ
- ② 満潮時、水位が低いところ

写真-6にシバナおよびハマボウの移植場所を、写真-7に現生地へ移植したシバナを示す。



写真-6 シバナ移植場所



写真-7 現生地へ移植したシバナ

#### 5. シバナ繁殖実験結果

##### 5.1 移植前の生長記録

図-2に、9cmポットに植え替えた、5月2日から6月28日までのシバナの生長記録を示す。6月28日に最大で8.2cmとなった。

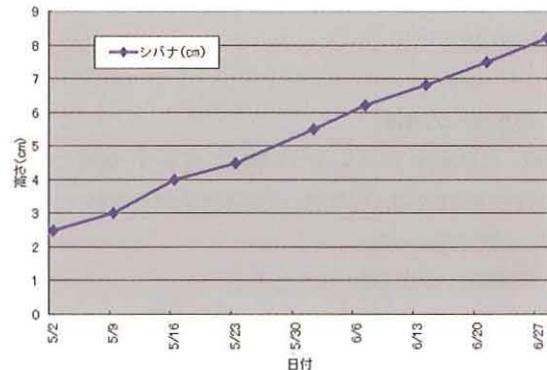


図-2 ポットに移植後のシバナの生長記録

##### 5.2 学内ビオトープへ移植後の生長記録

図-3に、学内ビオトープ池の干潟に移植した、7月15日から12月27日までの生長記録を示す。3箇所に分けて行ったが、測定は6箇所に分けて行った。11月22日に最大で26.4cmとなった。

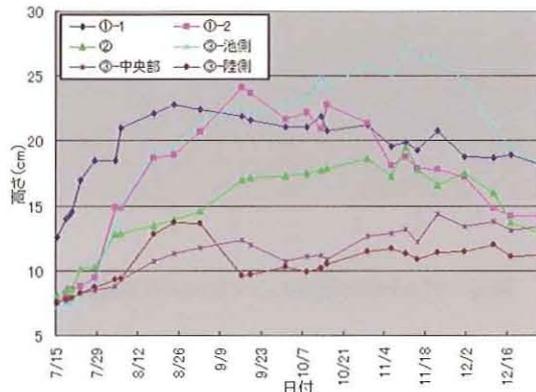


図-3 学内ビオトープへ移植後の生長記録

##### 5.3 現生地へ移植後の生長記録

図-4に、現生地に移植した、2009年10月9日から2010年1月10日までの生長記録を示す。3箇所に分けて測定を行い、10月18日に最大で12.9cmとなった。

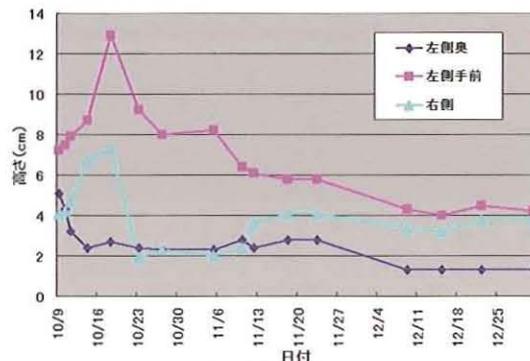


図-4 現生地へ移植後のシバナの生長記録

## 6. ハマボウの繁殖実験概要

### 6.1 播種と苗作り

播種はシバナと同じ平成21年3月9日に行った。パレットに育苗用の土を敷いて播種し土を被せ、生育はガラス室で行った。

その後、発芽を確認し（発芽率は1%）、6月5日に9cmポットに移植を行った。

### 6.2 現生地への移植

現生地への移植は、10月9日の干潮時に以下の2箇所に分けた。シバナ移植の際は周辺に岩を置いて緩衝壁を設けたが、ハマボウの移植では設けなかった。

- ① 満潮時、海水に浸かる場所
- ② 満潮時、海水の影響を受けない場所

## 7. ハマボウ繁殖実験結果

### 7.1 移植前の生長記録

図-5に、9cmポットに植え替えた、5月2日から6月28日までのハマボウの生長記録を示す。6月28日に最大で7.2cmとなった。

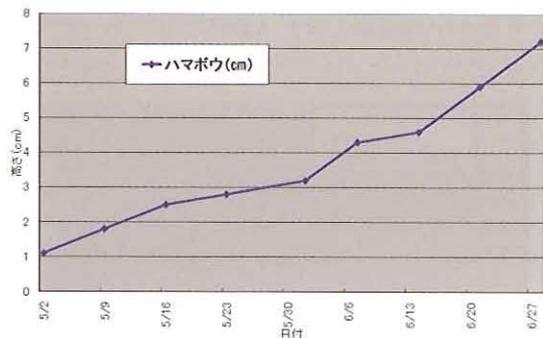


図-5 ポットに移植前のハマボウの生長記録

### 7.2 現生地移植後の生長記録

図-6に、現生地に移植した2009年10月9日から2010年2月4日までの生長記録を示す。2箇所に分けて測定を行い、移植を行った10月9日に最大で24.5cmであった。

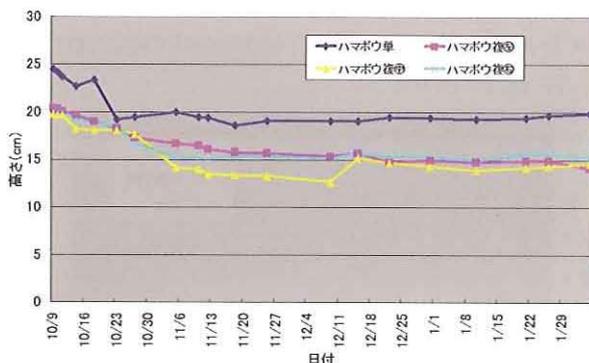


図-6 現生地移植後の生長記録

## 8. 水質調査結果の比較

今回、水質調査を電気伝導率計を用いて3ヶ所で測定を行った。表-1に測定結果を示す。

まず、シバナが自生している洞海湾と響灘の水質を調査し比較した。シバナが群生している洞海湾の満潮時と干潮時の電気伝導度や塩分濃度に大きな差は見られない。しかし、芦屋海水浴場と比較すると電気伝導度、塩分濃度ともに違いが見られる。これは、洞海湾に流れる河川が電気伝導度や塩分濃度に影響していると考えられる。

表-1 水質データ

場所	電気伝導度 EC(S/m)	塩分濃度 NaCl(%)
芦屋海水浴場 (干潮)	5.18	3.36
本城橋東干潟 (シバナ群生地) (干潮)	3.42	2.14
本城橋東干潟 (シバナ群生地) (満潮)	3.64	2.29

## 9. まとめ

密生状態によって生育にばらつきが見られた。移植方法をさらに検討する必要がある。今回、シバナの生長記録を見たが、学内ビオトープの移植場所では、生長途中で小さくなるものがあり、原因として食害が見られた。

また、現生地へ移植したシバナは、緩衝壁を設けたが、波によって土壌が流され枯れるものが多かった。また、ゴミの漂着が多いので対策が必要である。

今後の課題としては、

- ① 移植方法の再検討
- ② 波による影響の軽減
- ③ ポットで生育させる際に塩分を加えることなどが挙げられる。

今後は、学内ビオトープ池の移植場所と八幡西区本城橋付近の干潟のシバナおよびハマボウの経過観察や、栽培方法の確立などに取り組んでいく必要がある。

### 参考文献

- ・環境庁編, 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物-レッドデータブック-8 植物 I (維管束植物)
- ・徳留大地, 塩生植物(シバナ)周辺の環境調査, 九州共立大学平成20年度 卒業論文
- ・成富勝, 他, 洞海湾に自生する絶滅危惧植物の調査保護活動



Contents

On automorphism group of direct sum of algebras .....	Takefumi SHUDO	..... 1
Pseudoconvex domains .....	Tomoaki OHTA	..... 5
Cousin problems .....	Tomoaki OHTA	..... 7
Coherent analytic sheaves .....	Tomoaki OHTA	..... 9
A study about the conversion method that are used by digital sound .....	Keisuke MORI	..... 11
The reduction of the moving part of the network server apparatus .....	Keisuke MORI	..... 17
or a study about no moving part		
A study on storm surge characteristics along the coasts .....	Shuguang YAN	..... 23
of the Kanmon Strait and the Hibiki Sea	Haruyuki KOJIMA	
The history of the ministry about the engineering works .....	Hiroshi HATAOKA	..... 29
and railway since the Meiji era period	Kunihiro TANAKA	
A fundamental investigation on geometrical acoustic prediction method .....	Kunitaka NAKANO	..... 35
with scattering coefficients for room boundary	Hiroshi FURUYA	
Part 3:Analysis of real auditorium model	Soichiro KUROKI	
Study on application for geological information system .....	Nobuhiro KAMEDA	..... 41
by using handy GPS	Kunihiro TANAKA	
	Shigeru YASUDA	
	Yang FEI	
	Sigekazu FUKUZATO	
Identification of agricultural products brand with DNA analysis .....	Yasuhiko HAYASHIBA	..... 47
	Yuya KOIKE	
	Yuji TANAKA	
	Kouhei YONEMURA	
	Hiroo TSUKAWAKI	
	Kozue KAIBARA	
The protection of endangered plants that grow naturally .....	Masaru NARITOMI	..... 53
in the Bay of DOKAI	Shigeru YASUDA	
	Satoshi JYUFUKU	