研究ノート

チームの理論における情報システムについて

吉川智教

1. はじめに

近年，コンピュータや情報処理の研究が進むにつれ，経営情報システム，会計情報システム等のことばが広く，経営学，会計学で用いられ，情報や情報システムに対する認識と研究が深まりつつある。情報や情報システムに関する最近の研究は，各種の方法論（例えば，情報工学，言語数学）によって進められている。本稿では，これら各種の接近法による研究結果を網ら的に議論するのではなく，統計的決定理論の接近法にもとづいた，ひとつのモデルであるチームの理論における情報システムの比較検討を行ないたい。

ところで，[1] Simon, Smithburg, Thompson〔19〕の指摘にもあるように，組織の基本的な特性は，ある共通の目標を達成するために協動する意思決定者（以後D.M.と略す）の集団にある，と言うことが可能であろう。そして，このような特性のある組織において，意思決定の問題を分析するためには，少なくとも３つの重要な点で，協動するD.M.の間では，違いがあることに注意を払わなければならない。すなわち，

1） D.M.[2] は，異なった決定変数を制御する。

2） D.M.は，異なった情報にもとづいて意思決定をおこなう。

3） D.M.は，異なった効用関数を持っている。

組織内にいるD.M.を，意思決定という点からみれば，一般的にこの３つの点で異なっているのが普通である。特に，組織の興味深い側面が１）と２）に関連している場合が多い。

そこで，本稿では，組織内のD.M.は，共通の目的関数を持つが，異なった

情報にもとづき，異なった決定変数を制御するという——Marschak〔4〕Marschak, Radner〔7〕Mcguire〔9〕等が提唱するチームの理論（Theory of Team）のフレームワークを用いて，情報システムの比較，評価を行ないたい。このチームの理論では，D.M.が共通した目的関数を持っている点を，他のモデルと区別するために，D.M.をメンバーと呼ぶことにしよう。

本稿では，主に，メンバー間で行なわれる情報交換に焦点を合わせ，情報交換の程度に応じてシステムを，通信のない（No Communication）情報システム，完全通信（Complete Communication）の情報システム，Dissemination情報システムの3種類に分類する。そして，これら3種類の情報システムが持つ特性，システムの価値，情報システム間の関係について論じることにする。

以下の2節，3節では，チームの理論のフレームワークを簡単に述べ，各メンバーが行なうべき最適な意思決定について論じる。4節では，情報システムの価値についての定義と3種類のシステムの分類を行ない，最後の節では，それらの情報システムが持つ価値と特性の比較検討を行なう。

1）「2人の人間が，1人では動かしえない石を動かすために協働するとき，そこにはすでに管理の基本があらわれる。この単純な行為は，われわれが管理と呼ぶものの2つの基礎的な特性を備えている。そこには，石を動かすという目的（purpose）があり，かつ，力を合わせることなしには達成しえないことがらを達成するために人々が力を合わせるという協働行為（Cooperative action）があるのである。もっとも広い意味では，管理（administration）は，共通の目標を達成するために協働する人々の集団の諸活動として定義されうる。」

2）ここで言うD.M.は，必ずしも人であるとは限らない。組織内の部門であってもよい，正確には，意思決定主体と言うべきであろう。

2. チームの理論と最適な決定関数

いま，チームには，n人のメンバーが参加しており，各メンバーは，それぞれ異なった情報システムにもとづいて決定を行なうものとしよう。各メンバーは，情報システムから発生したシグナル（記号あるいは情報）にもとづいて，チームの目的関数（各メンバー共通の目的関数）が最適になるような決定を行

なうものと仮定する。

いま，メンバー $\boldsymbol{i}$ が，彼の情報システムから，あるシグナル y_i を受けとるものとする。このシグナル y_i は，何らかの意味で自然の状態をさし示すものと考えられるので，

(1) $$y_i=\eta_i(s) \qquad i=1,\cdots n,$$

と書くことが可能である。この $\eta_i(s)$ は，D.M.が1人のときに統計的決定理論で Marschak〔6〕Marschak, Miyasawa〔5〕, Schlaifer〔15〕論じられる情報構造（Information Structure）と同一であり，チームの理論では，チームのメンバー $\boldsymbol{i}$ の情報構造あるいは情報システムと考えることにしよう。

チームのメンバー $\boldsymbol{i}$ は，この情報システム $\eta_i(s)$ から発生する情報 $\boldsymbol{y_i}$ にもとづいて，ある決定ルール（決定関数）δ_i にしたがって行動 d_i をとるのであるから，行動 d_i は

(2) $$d_i=\delta_i(y_i)$$
$$=\delta_i[\eta_i(s)] \qquad i=1,\cdots n,$$

となる。

チームには，$\boldsymbol{n}$ 人のメンバーがいるので，それに対応して $\boldsymbol{n}$ 個の情報システムと $\boldsymbol{n}$ 個の決定ルール，(1)式と(2)式がある。このように，各メンバーの情報システムと決定関数から構成されるチームの情報システム $\boldsymbol{\eta}$ と決定関数 $\boldsymbol{\delta}$ は，次のように示されよう。

(3) $$\boldsymbol{\eta}=(\eta_1,\ \eta_2,\ \cdots\eta_n)$$

(4) $$\boldsymbol{\delta}=(\delta_1,\ \delta_2,\ \cdots\delta_n)$$

チームにおいても，通常の決定理論と同様に，ペイオフのレベルは，チームの決定関数 $\boldsymbol{d}$ と自然の状態 s とによって定まる。すなわち

(5) $$\beta=\omega(s,\ \boldsymbol{d})$$
$$=\omega(s,\ d_1,\ \cdots d_n)$$

この組織をチームと呼ぶからには，何らかの意味で，メンバー間に相互作用が存在するに他ならない。この相互作用を，チームではチームのペイオフのレベルがあるメンバーの決定のみに依存するのではなく，他のメンバーの決定にも

依存するものと考えよう。すなわち，この ω は

(6) $$\frac{\partial^2 \omega}{\partial d_i \cdot \partial d_j} \neq 0, \qquad i \neq j$$

という性質を持った効用関数である。

自然の状態 s は，$\boldsymbol{d}$ の選択の際にはまだ不確定であると考えられ，すべてのメンバーに認識されている事前確率 $\phi(s)$ は，同一であるから，チームのある情報システムとチームのある決定関数（$\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\delta}$）は，期待効用によって評価される。すなわち

(7) $$\Omega(\boldsymbol{\eta}, \boldsymbol{\delta}\,;\,\omega, \phi) \equiv \sum_s \phi(s)\omega(s,\ \boldsymbol{\delta}[\gamma])$$

である。より良い意思決定を分析するには，ある特定の情報システム（例えば $\overline{\boldsymbol{\eta}} = (\overline{\gamma_1}, \cdots \overline{\gamma_n})$）のもとにおける異なった決定を比較しなければ意味がない。それゆえ，ある情報システム $\overline{\boldsymbol{\eta}}$ のもとにおけるチームの最適な決定 $\boldsymbol{\delta}'$ とは，任意の $\boldsymbol{\delta}$ に対して，

(8) $$\Omega(\overline{\boldsymbol{\eta}}, \boldsymbol{\delta}'\,;\,\omega,\ \phi) \geqq \Omega(\overline{\boldsymbol{\eta}}, \boldsymbol{\delta}\,;\,\omega,\ \phi)$$

が成立することである。

また，2 種類の情報システム $\boldsymbol{\eta}^1$, $\boldsymbol{\eta}^2$ を比較するには，ある特定の $\omega(,)$ と $\phi(\ )$ に関して，情報システム $\boldsymbol{\eta}^1$, $\boldsymbol{\eta}^2$ のもとで，それぞれ達成しうる最大期待効用の比較が必要である。$\boldsymbol{\eta}^1$ が $\boldsymbol{\eta}^2$ より良い情報システムであるためには，

(9) $$\max_{\boldsymbol{\delta}} \Omega(\boldsymbol{\eta}^1,\ \boldsymbol{\delta}\,;\,\omega,\ \phi) \geqq \max_{\boldsymbol{\delta}} \Omega(\boldsymbol{\eta}^2,\ \boldsymbol{\delta}\,;\,\omega,\ \phi)$$

が成立することが必要である。

次に，ある情報システム（情報構造）のもとで $\omega(,)$ $\phi(\ )$ に関して，チームの決定関数が最適となるための必要十分条件を考察してみよう[1)]。

まず，最適化のための必要条件であるが，この条件は，チームの如何なるメンバーの決定関数を変化させても，チームの期待効用を改善しないようなチームの決定関数であればよい。この条件を満たすチームの決定関数を Person by Person Satisfactory（略して PbPS）と呼ぼう。Person by Person Satisfactory は，通常の関数の最適化問題では一次条件と呼ばれる条件に対応している。

この PbPS の条件を，統計的にフォミレーションすると，以下のような条件付期待値の最適化問題として表現することが可能である。いま，$\bar{\boldsymbol{\delta}}=(\bar{\delta}_1,\cdots \bar{\delta}_{i-1}, \delta_i, \bar{\delta}_{i+1}\cdots\bar{\delta}_n)$ を，i を除く他メンバーのすべての決定を固定したチームの決定関数とすれば，ある自然の状態 s に対して，この決定 $\bar{\boldsymbol{\delta}}$ から生じるペイオフ $\overline{\omega_i}(s, d_i ; \bar{\boldsymbol{\delta}})$ を

(10) $$\overline{\omega_i}(s, d_i ; \bar{\boldsymbol{\delta}})\equiv\omega(s, \bar{\delta}_1[\eta_1(s)], \cdots\delta_i[\eta_i(s)], \cdots\bar{\delta}_n(\eta_n(s)])$$

としよう。自然の状態 s は，$\phi(s)$ の分布をしており，この関数のアーギュメント $\delta_i[\eta_i(s)]$ も確率変数であるから，$\bar{\boldsymbol{\delta}}$ の期待ペイオフは

(11) $$\sum_s \phi(s)\overline{\omega_i}(s, \delta_i[\eta_i(s)] ; \bar{\boldsymbol{\delta}})$$

となる。$\bar{\boldsymbol{\delta}}$ は i 以外の他のメンバーの決定が固定されているので，(10)式，(11)式のペイオフは，それぞれ $\delta_i(y_i)$ の関数になることが明らかである。このことから，メンバー i は，自分の情報シグナル $\eta_i(s)=y_i$ にもとづいて，$\overline{\omega_i}(s, d_i ; \bar{\boldsymbol{\delta}})$ の期待値の最適化をはかるように，チームの決定関数 $\bar{\boldsymbol{\delta}}$ の $\delta_i(y_i)$ を決定することが必要となる。すなわち，メンバー i は，

(12) $$E[\overline{\omega_i}(s, d_i ; \bar{\boldsymbol{\delta}}) \mid \eta_i(s)=y_i] \quad (i=1\cdots n)$$

の条件付ペイオフを最大化することが必要である。

(13) $$\max_{\delta_i(y_i)} E[\overline{\omega_i}(s, d_i ; \bar{\boldsymbol{\delta}})\mid\eta_i(s)=y_i] \quad (i=1\cdots n)$$

PbPS の条件では，チームのメンバーすべてについて(12)式を最大化しなくてはならないので，チームの決定関数 $\bar{\boldsymbol{\eta}}$ が PbPS であるための必要条件は，すべての i に関して，$\bar{\delta}_i(y_i)$ が(13)式を満たすことである。この(13)式をすべての i に関して成立させることが，PbPS の正確な統計的な記述である。

PbPS を満たすチームの決定関数が必ずしも最適になるとは限らない。そこで，次に問題となるのが，最適条件の十分性である。十分条件は，ここで詳しく論じないが，[2] 通常の最適化の二次条件と類似している。この十分条件は，チームのペイオフ $\omega(s, d)$ が凹で微分可能性である。

これらの結果を定理としてまとめると，以下のようになる。

〔定理 1〕 以下の 3 条件を満たすとき，チームの決定関数 $\boldsymbol{\eta}$ は最適な決定関数である。

i) $w(s, d)$ が凹で微分可能

ii) 情報 Y_i の上で定義された実関数 η_i, $(i=1, \cdots n)$ がチームの決定関数 $\boldsymbol{\eta}=(\eta_1\cdots\eta_n)$ を構成する。

iii) $\boldsymbol{\eta}$ が PbPS

1) 詳しくは, Radner〔17〕, Marschak Radner〔7〕p. 155〜161 を参照

2) 詳しくは Radner〔17〕,〔18〕Marschak, Radner〔7〕を参照

3. 2次の効用関数

前節で得たチームの決定関数が満たすべき条件にもとづいて, 現実の企業の情報システムの比較と評価を行なうのであるが, 本節以後では, ある特定の効用関数のみを分析の対象としよう。なぜならば, 効用関数を特定化することによって, 情報システムの評価と理解を容易にし, それなしでは, 現在のところ有意義な結論が得られないからである。

いま, チームの効用関数 $\omega(s, d)$ を二次と仮定しよう。この二次の効用関数は, 最適なチームの決定の近傍における任意の連続的な効用関数の近似とみなすことができる。また, 二次の効用関数では, s の確率分布がどのような型の分布であれ, 三次以上のモーメントは存在しないから, 情報についての期待値, 分散, 共分散のみが問題となる。それゆえ, われわれの直感的な理解を容易にするという利点もある。

各メンバーの決定を d_i としたとき, 二次の効用関数は,

(14)
$$\omega(s, d)=\lambda(s)+2\sum_{i=1}^{n}\mu_i(s)d_i-\sum_{i,j=1}^{n}q_{ij}d_id_j$$
$$=\lambda(s)+2\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}-\boldsymbol{d}'Q\boldsymbol{d}$$

ただし $\boldsymbol{\mu}'=(\mu_1\cdots\mu_n)$, $\boldsymbol{d}'=(d_1\cdots d_n)$

としよう。前節で論じたように, 効用関数が凹でないと, PbPS は, 最適化のための必要十分条件にならないので, 各メンバーの相互作用の度合を示す係数 q_{ij} の $n\times n$ 行列 Q を正定値 (positive definite) と仮定しよう。また相互作用の係数 q_{ij} は, 一般的には状態変数 s によって異なる値を取ると考えられる。すなわち, $q_{ij}(s)$ も確率変数と考えるべきかもしれない。しかしながら, 本

稿では分析を単純化するために，⒁式のように定数と仮定できるものとしよう。

このような条件のもとで，〔定理１〕を利用して，以下の定理が導き出せる。[1)]

〔定理２〕以下の条件のもとで

i) チームのペイオフが，⒁式

ii) 各メンバーの情報構造が $y_i=\eta_i(s),(i=1,\cdots n)$

iii) 行列$\boldsymbol{Q}$が正定値

各メンバーの最適な決定関数は

⒂ $$q_{ii}\hat{\delta}_i(y_i)+\sum_{j\neq i}^{n}q_{ij}\ E[\hat{\delta}_j(y_j)|y_j]=E[\mu_i(s)|y_i]\qquad(i=1,\cdots n)$$

となる。

1) 詳しくは，Radner〔17〕，Marschak，Radner〔７〕を参照

4. 情報システムの評価と各種の情報システム

以上の議論にもとづいて，チームの理論における情報システムを評価するわけであるが，D.M.が１人のときに用いた評価方法と同一の概念をチームの理論にも適用したい。すなわち，D.M.が１人のときのある情報システムの価値は，その情報システムを用いて得られる最大期待ペイオフと事前情報だけから得られる最大期待ペイオフの差として定義した。それと同様に，チームの情報システム$\boldsymbol{\eta}$の価値を

⒃ $$V(\boldsymbol{\eta})=\max_{\delta}\Omega(\boldsymbol{\eta},\ \boldsymbol{\delta}\ ;\ \omega,\ \phi)-\max_{\delta}E\omega(s,\ \boldsymbol{\delta})$$

と定義しよう。⒃式の第１項は，チームが情報システムを利用するときに得られる最大期待ペイオフであり，第２項は事前確率におけるそれである。$V(\boldsymbol{\eta})$は，情報システムを利用したことによって得られる期待ペイオフの増加分であり，情報システムの費用を考慮していないので，正確には粗期待価値というべきであろう。

この情報システムの価値 $V(\boldsymbol{\eta})$ は〔定理２〕を用いて整理すると[1)]

⒄ $$V(\boldsymbol{\eta})=E\hat{\boldsymbol{\delta}}\boldsymbol{\mu}'-(E\hat{\boldsymbol{\delta}})'(E\boldsymbol{\mu})$$

を得る。ただし，$\hat{\boldsymbol{\delta}}=(\hat{\delta}_1, \cdots \hat{\delta}_n)$ で，$\hat{\boldsymbol{\delta}}$ はチームの最適な決定関数である。また，チームの効用関数 $\omega(s, d)=\lambda(s)+2\boldsymbol{\mu}'(s)\boldsymbol{d}-\boldsymbol{d}'Q\boldsymbol{d}$ を $\boldsymbol{\mu}$ が $E(\boldsymbol{\mu})=0$ となるように変換すれば

(18) $$V(\boldsymbol{\eta})=E\hat{\delta}'\boldsymbol{\mu}$$

となる。

ここで，個々の情報システムの評価をおこなう前に，i）メンバーの観測値，ii）メンバー間の観測の通信，iii）メンバーの情報システム，の3点からチームの理論を考察し，本稿で扱う各種の情報システム間の関係を明らかにしたい。

ここでいうメンバーの観測とは，各メンバーが直接的に自然の状態に関して得る情報のことを意味し，各メンバーは，必ず何らかの意味で自然に対して独自の情報を持っていると考える。いま，自然の状態が s のとき，メンバー i のこの観測値を，$\zeta_i(s), (i=1, \cdots n)$ とする。

各メンバーは，独自の情報として，この観測値 $\zeta_i(s)$ を持っているが，この観測値がそのままメンバー i の情報システム $\eta_i(s)$ になるとは限らない。それはメンバー相互間の情報交換の有無やメンバーの上司あるいは中央からの指示の有無に依存するからである。

もし，メンバー相互間に観測の交換や中央からの指示がなければ，このチームのメンバー i の情報構造は，観測値がそのまま情報構造になり

(19) $$\eta_i(s)=\zeta_i(s) \quad i=1, \cdots n$$

となる。その時のチームの情報構造 $\boldsymbol{\eta}$ は

(20) $$\boldsymbol{\eta}=(\zeta_1(s), \zeta_2(s), \cdots \zeta_n(s))$$

となる。この情報構造を通信のない（no communication）情報システムと呼ぼう。このシステムの評価に関しては，5節で詳しく論じたい。

次に，メンバー相互間に完全な観測の交換があるときには，メンバー i の情報構造は，すべてのメンバーの観測値から構成されるので情報構造 $\eta_i(s)$

(21) $$\eta_i(s)=(\zeta_1(s), \zeta_2(s), \cdots \zeta_n(s)) \quad (i=1, \cdots n)$$

となる。この情報システムでは，すべてのメンバーは，同一の情報構造を持つ

ことになる。このシステムを，完全通信（complete communication）の情報システムと呼ぼう。この情報システムの具体的な例としては，すべてのメンバーが彼らの観測値を中央に伝え，中央では送られた情報をすべてのメンバーに伝える情報システムが考えられる。このシステムは，情報的に集権化したシステムの1つである。このシステムの評価に関して，5節で詳しく論じたい。

この2つの通信のない(no communication)情報システムと完全通信（complete communication）の情報システムは，情報的に分権化されたそれと，情報的に集権化されたそれの極端なケースとして考察することが可能である。ところで，もう少し現実に近いシステムを分析するために，情報に関して完全に集権化あるいは分権化した両極端のシステムの中間的な，部分的に分権化した情報システムを考えてみたい。その1つ，dissemination of information[2] と呼ばれるシステムを取りあげてみよう。この他にも[3] reporting exception や emergency conference と呼ばれる例外管理等の中間的な情報システムの分析が可能であるが，本稿では紙面の都合上取り上げないことにする。

この dissemination of information システムでは，各メンバーは，観測値をそのまま伝達するのではなく，一部不正確に伝えたり，あるいは，サマリーしか伝えないものと考える。それゆえ，メンバーが他のメンバーあるいは中央に伝達する情報は，そのメンバーの観測値のある関数，すなわち統計量である。いま，メンバー i の観測値は $\zeta_i(s)$ であるから，メンバーが伝達する情報は，

(22) $$\tau_i[\zeta_i(s)] \quad i=1,\cdots n$$

である。この情報を他のすべてのメンバーに伝達するのであるから，メンバー i の情報構造は，

(23) $$\eta_i(s)=[\zeta_i(s),\ \tau_1,\cdots\tau_n] \quad i=1,\cdots n$$

となる。この情報構造から明らかなように，他のメンバーあるいは中央から伝えられる情報 $\tau_1\cdots\tau_n$ は，各メンバー共通であり，自分の観測値のみ異なっている。この点が，no communication の情報システムと complete communication の情報システムの両者の中間的な性質をそなえているところである。以後の節で，これら3種類の情報システムの評価をおこなおう。

本節の最後に，これ以後のモデル分析のために，決定と観測が cospecialization の関係にあるといわれる特殊なケースについて言及しておこう。

cospecialization 関係にあるときには，(14)式の効用関数の1次の係数 $\mu_i(s)$ のみが，メンバー i の観測の対象となり，他の情報は入ってこないのである。すなわち，各メンバーは彼自身の決定によってチームのペイオフに与える第1次効果しか観測しえないのである。それゆえ，cospecialization の関係にあるときの観測値は

(24) $$\zeta_i(s)=\mu_i(s)$$

となる。

1) 証明は，Marschak, Radner（7），p.p.184〜186 を参照
2) Marschak, Radner（7）p.198を参照
3) Marschak, Radner（7）p.206〜213を参照

5. 3種類の情報システムの比較

前節で得た情報システムの価値を用いて，以下，3種類の情報システム，complete communication, no communication, dissemination communication の比較，評価を行ないたい。

I） 完全通信（complete communication）の情報システム

完全通信の情報システムでは，すべてのメンバーが，完全に他のメンバーの観測値を手に入れることができるので，メンバーの情報構造は，(21)式より $\eta_i(s)=[\zeta_1(s),\cdots\zeta_n(s)]=\boldsymbol{\zeta}(s)$ となる。この情報構造から〔定理2〕の(15)式は

(25) $$\sum_{j=1}^{n} q_{ij}\delta_j=E[\mu_i\mid\boldsymbol{\zeta}(s)]\quad i=1,\cdots n$$

となり，このシステムのもとでの最適なチームの決定関数は，ベクトルで示すと

(26) $$\boldsymbol{\delta}_{cc}=Q^{-1}E[\boldsymbol{\mu}\mid\boldsymbol{\zeta}]$$

となる。式(18)より，この情報システムの価値

(27) $$V_{cc}=E[E[\boldsymbol{\mu}|\boldsymbol{\zeta}]'Q^{-1}E[\boldsymbol{\mu}|\boldsymbol{\zeta}]]$$

となることがわかる。

次に，すべてのメンバーが完全に自然の状態を知ることができるような，完全情報（complete information）システムを考えてみよう。このシステムでは，情報システムが，自然状態 s をそのまま示してくれるので，各メンバーの情報構造は，

(28) $$\eta_i(s)=s \qquad i=1,\cdots n$$

となる。(26)式を利用すれば，チームの決定関数，

(29) $$\delta_{CI}=\boldsymbol{Q}^{-1}\boldsymbol{\mu}$$

を得る。したがって，この情報システムの価値は，(18)式より

(30) $$V_{CI}=E[\boldsymbol{\mu}'Q^{-1}\boldsymbol{\mu}]$$

となる。

完全情報（complete information）システムを利用せずに，完全通信情報（complete communication）システムを利用したことによって生じる損失は，(30)式より(27)式を引いて得られる。すなわち

(31) $$\begin{aligned} L_{CC}&=V_{CI}-V_{CC} \\ &=E[[\boldsymbol{\mu}+E\boldsymbol{\mu}|\zeta]'Q^{-1}[\boldsymbol{\mu}-E(\boldsymbol{\mu}|\boldsymbol{\delta})]] \end{aligned}$$

である。

いま，complete information システムを，相互作用係数 q_{ij} が，$q_{ij}=\begin{cases}1, & i=j \\ q, & i\neq j\end{cases}$ の値をとるような特殊な効用関数を用いて分析をしてみよう。この効用関数では，相互作用の効果が同一である。また，$\overline{S}_n$ を $\mu_1\cdots\mu_n$ の分散 S_{ii} の平均値とし $\overline{\overline{S}}_n$ を μ_i, μ_j の共分散の平均値とする。$\overline{S}_n\equiv\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}S_{ii}$, $\overline{\overline{S}}_n\equiv\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i\neq j}^{n}S_{ij}$ このようなとき，complete information システムの価値は

(32) $$V_{CII}=\frac{n}{1-q}\left[\left(\overline{S}_n-\overline{\overline{S}}_n\right)-\frac{q\overline{\overline{S}}_n-\overline{\overline{S}}_n}{1+(n-1)q}\right]$$

となる。(32)式の［　］の中の第2項は，大きな n に対して，1項と比較すれば十分小さいので，近似的には

(33) $$V_{CII}\sim\frac{n(\overline{S}_n-\overline{\overline{S}}_n)}{1-q}$$

となる。$\overline{S}_n$ と $\overline{\overline{S}}_n$ は，n と独立であるので，チームのメンバーが多数いるとき

には，規模に関して収獲が不変であることがわかる。

II）通信のない（no communication）情報システム

チームのメンバー間に，情報交換や伝達の手段がないような組織では，4節で指摘したように，チームのメンバーの情報構造は

$$\eta_i(s)=\zeta_i(s) \qquad (i=1,\cdots n)$$

となる。このような情報システムを，ここでは，各メンバーの観測値 $\zeta_i(s)$ が統計的に独立という仮定をおいて分析しよう。

この仮定により，〔定理２〕の(15)式は，

(34)
$$d_i=\frac{1}{q_{ij}}E[\mu_i|\zeta_i]$$

となり，これが各メンバーの最適な決定である。このチームの情報システムの価値は，

(35)
$$V_{nCI}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{q_{ii}}E[E(\mu_i|\zeta_i)^2]$$

となる。この式からわかるように，各メンバーの条件づきの $\mu_i(s)$ の分散が，大きくなればなる程，この情報構造 $\boldsymbol{\eta}$ が持つ価値は大きくなる。これは，各メンバーの選択した決定のペイオフに与える一次効果が不確定であればある程，情報システムが持つ価値が大きくなることを意味する。いま，ある１人のD.M.の効用関数が $2\mu_i(s)d_i-q_{ii}d_i^2$ であり，そのD.M.が情報 η_i を持てば，この η_i の情報の価値は，$\frac{1}{q_{ii}}E[E(\mu_i|\eta_i)^2]$ となる。このことより，チームのこの情報システムの価値 V_{nCI} は，１人のD.M.が得る情報の価値の n 個の"和"として理解することも可能である。

ここで，新たに，cospecialization の仮定，すなわち，$\zeta_i(s)=\mu_i(s)$ を付加してみると，この情報システムの価値は，

(36)
$$V_{nCIC}=\sum_{i=1}^{n}\frac{S_{ii}}{q_{ii}}$$

となる。このようなケースは，第１に $\eta_i(s)=\zeta_i(s)$，通信のない情報（no communication）システム，第２に，$\zeta_i(s)=\mu_i(s)$ cospecialization の関係にあり，第３に，$\mu_1(s),\cdots\cdots\mu_n(s)$ が独立という意味で，情報に関して完全に分権化されたシステムということができよう。このペイオフの二次の係数 q_{ij} が，

正の定数であるので，メンバーの数が増加すれば，それだけ，情報システムの価値も増加することが明らかとなろう。

III) Dissemination of Information システム

最後に，完全通信のある（complete communication）情報システムと通信のない（no communication）情報システムの中間的な dissemination of information システムを扱おう。すでに述べたように，このシステムは，情報に関して完全に集権化あるいは分権化した両極端なシステムではなく，部分的に分権化した情報システムである。この情報システムの各メンバーの情報構造は

$$\eta_i(s)=[\zeta_i(s),\ \tau_1(s),\cdots\tau_n(s)],\ (i=1\cdots n)$$

$$\boldsymbol{\tau}=(\tau_1,\cdots\tau_n)$$

である。

各メンバーの観測値 $\zeta_i(s)$ が統計的に独立という仮定をおけば，メンバーの最適な決定関数は〔定理2〕の(15)式より，

(37) $$\delta_i(y_i)=E[\beta_i|\boldsymbol{\tau}]+\frac{1}{q_{ii}}\{E[\mu_i|y_i]-E[\mu_i|\boldsymbol{\tau}]\}$$

となる。ただし，この β_i は，(29)式の $\beta=Q^{-1}$，$\boldsymbol{\mu}$ の第 i 要素とする。この情報システムの価値 V_D は，したがって

(38) $$V_D=E[E(\boldsymbol{\mu}|\tau)'Q^{-1}E(\boldsymbol{\mu}|\boldsymbol{\tau})]$$
$$+\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{q_{ii}}E[\mathrm{Var}[E(\mu_i|y_i)|\boldsymbol{\tau}]]$$

となる。(38)式は興味深い結果を示している。(38)式の第1項は，すべてのメンバーが情報 $\boldsymbol{\tau}(s)$を共通に知っているときの情報 $\boldsymbol{\tau}(s)$ の価値であることが，(27)式よりわかる。この情報 $\boldsymbol{\tau}(s)$ が完全情報 s を与えるならば，第1項は，完全情報（complete information）システムの価値 V_{CI} (30)式（$E(\boldsymbol{\mu}'Q^{-1}\boldsymbol{\mu})$ と同一になる。第2項の $E[\mathrm{Var}[E(\mu_i|y_i)|\boldsymbol{\tau}]]$ は，メンバーが情報 $\boldsymbol{\tau}(s)$ 以外の彼の観測値にもとづいて得られる付加的な価値を示しており，$\boldsymbol{\tau}(s)$ にもとづくより y_i にもとづいた方が，より良く $\mu_i(s)$ を予測できる度合を示す。この第2項は，この度合の加重和である。したがって，この情報システムの価値が，2つの部分の和として現わされる。第1項は，disseminated information $\boldsymbol{\tau}(s)$ に

帰属する価値であり，第2項は各メンバーの観測値 $\zeta_i(s)$ に帰属する情報の価値である。

6. むすび

以上，本論文では，チームという1つの組織的な側面を取り入れたモデルのフレームワークを用いて，情報システムの比較を行なった。最後にこれまでの議論をふりかえって，そのねらいがどこにあったのかを再確認しておきたい。

すでに指摘したように，組織内にいるD.M.は，一般的には，異なった情報にもとづき，独自の目的のために異なった決定変数を制御している，ということができよう。チームの理論では，メンバーが共通の目的を持つという仮定のもとで異なった情報にもとづいて，異なった変数を決定していると考えた。本論文で行なった情報システムの分析では，チームのメンバー間で行なわれる情報交換の程度に応じて，情報システムの分類を行なった。そして，これらのシステムは，情報の分権化度合とも対応することがわかり，情報的に分権化した程度に応じたシステムの評価を行なったことにもなる。このように，チームという組織的な側面を明示的に導入することによって，各種の情報システムの価値，特性の比較，検討が可能となった。本稿では，メンバー間の情報交換に関するシステムしか分析の対象とはしなかったが，チームの理論は，この分野における今後のよりよい分析に対するひとつの有用なフレームワークを提供しうるものと考えられよう。

参考文献

〔1〕 Arrow, "The Value of and Demand for Information", chap. 6. Decision and Organization. 1972. Norht Holland.

〔2〕 Blackwell, Girshick, " Theory of Games and Statistical Decisions." John Willy 1954.

〔3〕 今井賢一稿「情報の経済学のマネジメント(1)〜(3)」ビジネス・レビュー，Val. 16〜17.

〔4〕 Marschak, Jacob, "Elements for a Theory of Teams, "Managements Science, 1, 1955, p. p127〜137.

〔5〕 Marschak, Miyasawa, "Economics Comparability of Information Systems," International Economic Review, 1969, pp. 137～174.
〔6〕 Marschak, "Economics of Information System," JASA, 1971, pp. 192～219.
〔7〕 Marschak, J. Radner, "Economic Theory of Teams," Yale U. P.,
〔8〕 Marschak, "The Organizer's Decision Making," July, 1975, TIMS, XXII International Meeting in Kyoto.
〔9〕 McGuire, "Some Team Models of a Sales Organization," Managements Science, Vol. 7, No. 2, Jan., 1961, pp. 101-130.
〔10〕 McGuire. "Comparisions of Information Structures," Chap. 5. Decision and Organization, 1972, North Holland.
〔11〕 宮川公男, 吉川智教, 「情報の価値と意思決定」, I E., 1971, 12月号 pp. 93～99.
〔12〕 宮沢光一, 「情報・決定理論序説」, 1971, 岩波書店
〔13〕 Miyasawa, "Some Considerations in two Level Hierarchical Organizations," July. 1975, TIMS, XXII Meeting in Kyoto.
〔14〕 Mock, "Comcepts of Information Value and Accounting," Accounting Review. 1971, pp. 765～778.
〔15〕 Raiffa, Schlaifər, "Applied Statistical Decision Theory," Harvard U. P., 1961.
〔16〕 Randner, R., "The Application of Linear Programming to Team Decision Problems," Management Science, Vol. 5, No. 2, Jan., 1959, pp. 143—150.
〔17〕 Radner. R., "Team Decision Problems," Annals of Mathematical Statistics, 33, 3, Sept., 1962, pp. 857—881.
〔18〕 Radner, R., "Teams," Chap. 10, Decision and Organization, 1972, North Holland.
〔19〕 Simon H. A., Smithburg D. M. and Thompson, Public Administration, A. A. Knopf, 1950
〔20〕 吉川智教「企業組織における情報システムの評価と比較——決定理論にもとづく分析を中心として——」1976年1月号 企業会計。
〔21〕 吉川智教「危険回避と情報の価値と費用」1976年6月号 一橋論叢