

# 横断型科学技術としてのSN比

森田 浩\*

## SN Ratio as a Transdisciplinary Technology

Hiroshi MORITA\*

**Abstract**– The concept of SN (signal-to-noise) ratio is used like common sense in the field of communication and signal processing. Recently, the term of SN ratio appears in the other fields; however, the conventional concept is too strong to understand the new concept related to the original concept. Is the SN ratio appeared in the various fields transdisciplinary concept? We discuss the similarity and the differences of SN ratio used in the fields of control, statistics and social sciences, and consider the ideal of SN ratio as a transdisciplinary technology.

**Keywords**– SN ratio, communication, control performance, statistical method, social informatics

### 1. はじめに

2006年12月2日の第1回横幹連合総合シンポジウムにおけるオーガナイズドセッションの一つにこのSN比が企画された。横断的知、普遍性、共通原理などを発見あるいは活用して新展開を探ることを目的とした取り組みの中で、SN比を取り上げ、そこに横断的な知や普遍性、共通原理が存在するのかということを議論することが目的であった。

SN比とはシグナル(signal)とノイズ(noise)の比のことで、通信や信号処理の分野では常識のように使われている概念である。近年、このSN比という言葉が他の分野でも聞かれるようになってきたが、従来のSN比という概念が強すぎるためか、他の分野でのSN比とのつながりがはっきりとしないままに使われているように思われる。それぞれの分野にあった特定の概念をSN比と表現しているだけなのか、あるいは他分野で使われていたSN比の概念が新たな展開を見せているのか。さまざまな分野で現れ始めたSN比は分野横断的な概念として存在しているのか。計測制御分野、統計分野、社会情報分野から、SN比のもつ共通性あるいは相違点を比較検討し、横幹技術としてのSN比のあり方を探してみたい。

さまざまな分野において独自にSN比を定義することで、SN比という言葉が使われ、その有効性も認められるようになってきている。しかし、新しい概念を導入す

るには、その妥当性や正当性を考える必要があり、そのためにはまずそれぞれの分野における従来の考え方との相違点あるいは共通点を明確にしていくことが重要となる。この観点から、本オーガナイズドセッションでは、まず、通信分野からSN比とそれに関わる最新技術の動向を紹介していただき、その計測制御分野への応用、統計的手法とSN比の関わり、および社会情報学におけるSN比についての講演をいただいた。講演者と講演題目は参考文献[1–4]の通りである。

### 2. SN比

SN比のSはシグナル、Nはノイズのことで、対象となる情報の信号と、その信号に含まれる雑音の比を表したものである。これを、例えばインターネットで検索して得られた情報の中に占める価値のない情報のように、もっと広い意味でノイズを解釈すると、SN比の概念はさらに大きく広がってくる。SN比という言葉が他の分野でも聞かれるようになってきているが、それぞれの分野におけるSとNをどう定義するかをみれば、そこでの共通性は見えてくるように思われる。

SN比を定義することが本来の目的ではなく、定義したSN比を用いて何かを明らかにしようとするのである。音響機器、計測機器などにおいては音質や画質の評価指標として使われる。またこの通信特性が制御性能に与える影響を見ることも可能になる。品質工学ではSは特性値、Nはばらつきとしてとらえていて、パラメータ設計において品質に代わる評価指標として用いられている。社会システムにおいてもSを正しい情報、Nを正し

\*大阪大学大学院情報科学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

\*Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

Received: 10 August 2007, 29 August 2007

くない情報と見れば、それによって信頼性なるものの評価指標となる可能性もある。

本稿では、先のシンポジウムで講演いただいた4つの分野のSN比について、まずそれらの要約を紹介し、最後に横幹技術の観点からの考察を行う。

### 3. 通信におけるSN比

SN比は、信号の電力  $S$  に対する雑音の電力  $N$  の比  $S/N$  で、通信の品質を表す指標として古くから用いられてきた。通常は、 $S/N$  そのものではなく、(1)式で定義されるdB表示がSN比として用いられている。

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \quad (1)$$

SN比は、音声、映像、データなどの受信信号の品質を表すものである。SN比を大きくするには、送信信号電力を大きくするか、雑音電力を小さくするかであるが、いずれも実現するのは難しい状況にある。

通信システムにおいては、情報が変調されて通信路に送出され、通信路において雑音が重畳して受信信号となる。受信機入力の帯域フィルタで所望の信号帯域以外の成分が除去され、帯域フィルタの出力におけるSN比により受信信号の品質が決まる。受信信号に重畳される雑音には、信号以外のさまざまな電波やモーター、エンジン、回路などからの雑音をはじめとして、雷、宇宙線、太陽放射などさまざまなものがある。受信信号には、通常、これらの個々の雑音の総和としてのガウス雑音加わると中心極限定理によって仮定されている。電気通信の歴史は雑音との戦いであると言っても過言ではなく、受信信号のSN比を改善するために様々な改良が加えられ、革新的な技術が生まれてきた。デジタル通信全盛の現在においても信号の誤り率を低減するため、受信信号のSN比を良好に保つことは必須の課題である。

デジタル通信では、デジタル信号の特長を生かし、一定のSN比の受信信号からより信頼性の高い情報を抽出する様々な手法が用いられている。通常の2値伝送の場合、圧縮率の高い画像を伝送するには  $10^{-5}$  程度のデータの誤り率(BER; bit error rate)が必要とされている。受信信号のSN比とBERの関係から、9.5 dB以上のSN比を達成できるようなシステム設計が必要であり、データ伝送にはさらに低いBERが要求される。

誤りなしに送信できるデータ伝送速度の限界としてシャノン限界がある。これは通信路の持つSN比と周波数帯域幅  $B$  によって決まるものであり、シャノン・ハートレーの定理によると、誤りなしで転送可能な最大レートである通信路容量  $C$  は、信号電力  $S$  とノイズ電力  $N$  を用いて

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2)$$

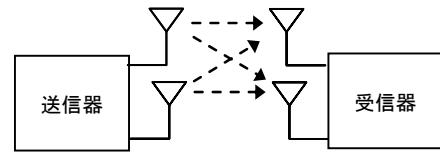


Fig. 1: MIMO 通信の送受信システム

と表される。このシャノン限界に迫る伝送容量を達成する通信伝送技術の発展が見られている。伝送容量は、SN比が大きいつきでも、送ることのできるビット数はSN比の増加に対して対数的にしか増加しないことを示しており、SN比が2倍になっても1ビット余分に送ることができるようになるだけで、非常に効率が悪い。

近年注目を集めている通信方式にMIMO (Multiple Input Multiple Output) 通信方式がある (Fig. 1)。複数の送信アンテナと受信アンテナを設置して、送信側のそれぞれのアンテナから異なるデータを伝送し、受信側でそれらを合成することにより、仮想的にアンテナ対向数に比例した並列伝送路を得ることができるものがある。複数の伝送路を確保することで多くの情報を送ることができるようになる。SN比が十分に大きいときにSN比が2倍になると、新たに加わった信号電力は他の伝送路で送ることができれば、2倍のビットを送ることが可能になる。これによりシャノン限界を超える帯域の通信路容量を得ることができる。

この技術は、多くの情報を送ることができて切断されにくいリンクを形成することができる特徴を持っており、無線LANへの導入をきっかけにして、携帯電話や高度交通システムにおける車間通信などへの応用も進んでいる。

### 4. 計測制御におけるSN比

高速・高精度な制御系の実現には、制御対象を制御しやすい特性を持つように設計することが重要である。さらに、達成できる制御性能には、計測に用いるセンサの特性(分解能やSN比)やネットワークを介した制御を行う場合の通信容量に大きく依存する。本節では「制御しやすいシステムを特徴付ける」という研究[5]の中で得られた達成可能な制御性能限界の解析解に基づいて、センサの誤差特性や通信路特性が制御性能に与える影響を分解能・SN比の観点から理論的に解析できることを示す。

まず、対象とするフィードバック制御系と観測誤差モデルを紹介する。Fig. 2に示す制御対象  $P$  と制御器  $K$  とから構成される1入力離散時間直結フィードバック制御系を考える。ここで、 $\Delta$  は計測あるいは通信路に伴う観測誤差を表すモデルであり、

$$\tilde{y} = y + n; \quad n := n_a + n_m y \quad (3)$$

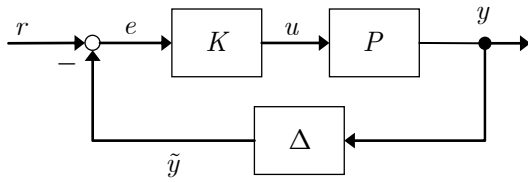


Fig. 2: 直結フィードバック制御系

と表されるとする．観測誤差  $n$  において，第 1 項目は絶対誤差（観測量  $y$  の値に依存しない計測誤差）を表している．一方，第 2 項目は相対誤差（観測量  $y$  の値に依存する計測誤差）を表している．

まず，確定的な雑音の場合を考える．このとき，絶対誤差の部分は

$$|\hat{n}_a(e^{j\theta})| \leq |W_a(e^{j\theta})|; \quad z = e^{j\theta}, \quad \forall \theta \quad (4)$$

と表すことができる．ここで， $\hat{n}_a$  は  $n$  の  $Z$  変換を表しており， $W_a(z)$  は絶対誤差の周波数特性を表す伝達関数である．一方，相対誤差の部分は

$$n_m = W_m(z)\Delta_m; \quad |\Delta_m(e^{j\theta})| \leq 1; \quad \forall \theta \quad (5)$$

と書くことができる．ここで， $W_m(z)$  は相対誤差の周波数特性を表す伝達関数である．

次に，確率的な雑音の場合を考える．文献 [6, 7] では，雑音  $n$  は平均値 0 の白色ガウス雑音で

$$\varepsilon\{n(j)n(k)\} = \left(\sigma_a + \frac{1}{\mu}\sigma_y\right) \delta_{j,k} \quad (6)$$

で表されるモデル（有限 SN 比モデル）を考えている．ここで， $\mu$  は SN 比を表しており，フィードバック制御系は安定と仮定し， $\sigma_y := \lim_{k \rightarrow \infty} \varepsilon\{y(k)^2\}$  が有限の値であると仮定している．ここでは紙面の関係で省略するが，文献 [6, 7] ではこのモデルを出発点として，線形行列不等式条件に基づいた制御系の設計法を提案している．

以降では，観測精度が達成できる制御性能に与える影響に対する理論的結果のいくつかを紹介する．観測誤差  $n$  が出力  $y$  に与える影響は

$$T(z) := \frac{P(z)K(z)}{1 + P(z)K(z)} \quad (7)$$

で定義される相補感度関数で表現できる．

まず，観測誤差  $n$  が確定的信号である場合を考える．たとえば， $W_m = 0$  を仮定し誤差  $n$  の平均パワーが 1 で抑えられているとすると，出力  $y$  の平均パワーの上限は， $W_a(z)T(z)$  の  $H_\infty$  ノルムで抑えられることが知られており， $\|W_a(z)T(z)\|_\infty$  の最小化問題となる．また， $W_a = 0$  の場合は，ロバスト制御問題に帰着され，制御系がロバスト安定になるための必要十分条件は

$$\|W_a(z)T(z)\|_\infty < 1 \quad (8)$$

で与えられることが知られている．具体的な例として，

制御対象が一つの不安定極  $p$  ( $|p| > 1$ ) と  $N_z$  個の不安定零点  $\zeta_j$  ( $|\zeta_j| > 1$ ) を持ち，相対次数が  $v$  である場合を考えると

$$\inf_{K(z)} \|W_a(z)T(z)\|_\infty = |W_m(p)| |p|^v \prod_{j=1}^{N_z} \left| \frac{\zeta_j p - 1}{p - \zeta_j} \right| \quad (9)$$

を得る．この結果の右辺は 3 つの因子から構成されているが，最後の 2 つは制御対象だけで決まる因子で，制御のしにくさを表している．最初の因子が観測の特性に関わる因子であり，制御に用いるセンサは  $|W_m(p)|$  が小さくなるような誤差特性を持つように設計すればよいことがわかる．すなわち，これらを規範として計測の精度・分解能を高めていく必要がある．

最後に，ネットワーク下での不安定系 ( $N_p$  個の不安定極  $p_i$  を持つ) の安定化と必要な通信容量の関係を示す．この問題は  $\|T(z)\|_2^2$  の最小化問題と関係しており，通信容量  $C$  に関する  $2C = \log_2(1 + \mu)$  で表されるシャノンの関係に注目すると，

$$C > \sum_{i=1}^{N_p} \log_2 |p_i| \quad (10)$$

が得られ，これが不安定系を安定化させるために必要な最小の通信容量である [8] ．

### 5. 統計的手法における SN 比

統計的方法における SN 比について議論する．SN 比という言葉はタグチメソッドの中で多用されているが，伝統的な統計的方法の中で使われることはあまりない．しかし，信号の大きさ  $S$  を誤差  $N$  との比によって評価することは統計学そのものであるから，特に SN 比という言葉が必要としなかったと思われる．

まず，伝統的な統計的方法に登場する SN 比と考えられる初等的な統計量とそれが推定している母数を Table 1 に紹介する．

Table 1: いろいろな統計量の母 SN 比と標本 SN 比

	母 SN 比	標本 SN 比
変動係数の逆数	$\frac{\mu}{\sigma}$	$\frac{\bar{x}}{\sqrt{V_e}}$
1 つの母平均	$\frac{\mu - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$	$\frac{\bar{x} - \mu_0}{\sqrt{\frac{V_e}{n}}}$
単回帰分析の傾き	$\frac{\beta_1}{\frac{\sigma}{\sqrt{S_{xx}}}}$	$\frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\frac{V_e}{S_{xx}}}}$
一元配置分散分析	$1 + \frac{r\sigma_A^2}{\sigma^2}$	$\frac{V_A}{V_e}$



Table 2: SN 比と非心分布

	SN 比	分布	非心度 $\lambda$
変動係数の逆数	$\frac{\sqrt{n} \bar{x}}{\sqrt{V_e}}$	$t'(n-1; \lambda)$	$\frac{\sqrt{n} \mu}{\sigma}$
1 つの母平均	$\frac{\bar{x} - \mu_0}{\sqrt{\frac{V_e}{n}}}$	$t'(n-1; \lambda)$	$\frac{\sqrt{n}(\mu - \mu_0)}{\sigma}$
単回帰分析の傾き	$\frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\frac{V_e}{S_{xx}}}}$	$t'(n-2; \lambda)$	$\frac{\sqrt{S_{xx}} \beta_1}{\sigma}$
一元配置分散分析	$\frac{V_A}{V_e}$	$F'(\phi_A, \phi_e; \lambda)$	$\frac{r \sum a_i^2}{\sigma^2}$

変動係数は母標準偏差と母平均の比を表しているが、母平均を信号、母標準偏差をノイズと考えると、変動係数の逆数は SN 比となる。帰無仮説  $H_0: \mu = \mu_0$  に対する一つの母平均の検定に用いられる  $t$  検定量は、標本平均  $\bar{x}$  と  $\mu_0$  との差を信号、 $\bar{x}$  のもつばらつき  $\sqrt{V_e/n}$  をノイズとした SN 比と見ることができる。単回帰係数では傾き  $\beta_1$  を信号、そのばらつき  $\sqrt{V_e/S_{xx}}$  をノイズとし、さらに一元配置分散分析では水準内変動の大きさ  $V_A$  を信号、誤差変動の大きさ  $V_e$  をノイズとした SN 比と見ることができる。このように統計学で用いられる統計量にも SN 比と呼んでよさそうなものが存在する。

これらは非心度と呼ばれるパラメータと結びついていて、SN 比は確率分布のパラメータの推測問題として位置づけることができる。非心とは中心が 0 でないことを意味しており、非心分布は自由度のほかに非心度によって規定される分布である。例えば、 $t$  分布は、平均 0、分散 1 の正規分布に従う確率変数  $u$  と  $\chi^2$  分布に従う確率変数  $\chi^2$  の比によって定義され、

$$t = u / \sqrt{\chi^2 / \phi} \sim t(\phi) \quad (11)$$

は自由度  $\phi$  の  $t$  分布に従う。 $u$  の従う正規分布の平均が  $\lambda$  となるとき、(11) の従う確率分布は非心度  $\lambda$  の非心  $t$  分布となる。

$$t' = u / \sqrt{\chi^2 / \phi} \sim t'(\phi; \lambda) \quad (12)$$

同様に、 $\chi^2$  分布や  $F$  分布にも非心分布があり、次のように定義される。

・非心  $\chi^2$  分布： $u_i \sim N(\lambda_i, 1)$  が独立のとき、

$$\chi'^2 = \sum_{i=1}^{\phi} u_i^2 \sim \chi'^2(\phi; \lambda), \quad \lambda = \sum \lambda_i^2 \quad (13)$$

・二重非心  $t$  分布： $u \sim N(\lambda_1, 1), \chi'^2 \sim \chi'^2(\phi; \lambda_2)$  が独立のとき

$$t'' = u / \sqrt{\chi'^2 / \phi} \sim t''(\phi; \lambda_1, \lambda_2) \quad (14)$$

・非心  $F$  分布： $\chi_1'^2 \sim \chi'^2(\phi_1, \lambda), \chi_2'^2 \sim \chi'^2(\phi_2)$  が独立のと

Table 3: タグチメソッドにおける標本 SN 比

	標本 SN 比
望目特性	$10 \log_{10} \frac{\bar{x}^2}{s^2}$
望小特性	$-10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum x_i^2 \right)$
望大特性	$-10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum \frac{1}{x_i^2} \right)$
ゼロ点比例式	$10 \log_{10} \frac{\hat{\beta}^2}{V_e}$

き

$$F' = (\chi_1'^2 / \phi_1) / (\chi_2'^2 / \phi_2) \sim F'(\phi_1, \phi_2; \lambda) \quad (15)$$

・二重非心  $F$  分布： $\chi_1'^2 \sim \chi'^2(\phi_1, \lambda_1), \chi_2'^2 \sim \chi'^2(\phi_2, \lambda_2)$  が独立のとき

$$F'' = (\chi_1'^2 / \phi_1) / (\chi_2'^2 / \phi_2) \sim F''(\phi_1, \phi_2; \lambda_1, \lambda_2) \quad (16)$$

Table 1 に示した SN 比の従う非心分布とその非心度を Table 2 に示す。

一方、タグチメソッドでは、SN 比を用いて計測器の性能比較やパラメータ設計が行われている。タグチメソッドで登場する SN 比を Table 3 に紹介する。ここでは (1) 式のような dB 表示を用いている。

タグチメソッドでは誤差因子を意図的に取り入れている点が、誤差を自然発生的な要因としてとらえている伝統的な統計的手法とは異なっている。タグチメソッドでは確率分布を考えないと言われるのは、人為的な誤差因子と自然発生的な誤差が混在しているからと思われる。しかし、誤差因子に対するデータ構造モデルを考えることによって、統計的な枠組みで議論することも可能となることが示されている。望目特性に対して、一元配置実験のデータで考える。制御因子の  $A_i$  水準における誤差因子の  $N_j$  水準の影響の大きさを  $n_{ij}$  とすると、データの構造式は

$$x_{ij} = \mu + a_i + n_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (17)$$

と書ける。このとき  $A_i$  水準における標本 SN 比と母 SN 比は

$$\text{標本 SN 比} \quad 10 \log_{10} \frac{\bar{x}_i^2}{V_i} \quad (18)$$

$$\text{母 SN 比} \quad 10 \log_{10} \frac{(\mu + a_i)^2}{\frac{1}{r-1} \sum n_{ij}^2 + \sigma_i^2} \quad (19)$$

となる。 $r$  は繰り返し数。ここで、

$$r \frac{\bar{x}_i^2}{V_i} \sim F''(1, r-1; \lambda_1, \lambda_2) \quad (20)$$

$$\lambda_1 \sim r(\mu + a_i)^2 / \sigma_i^2, \quad \lambda_2 \sim \sum n_{ij} / \sigma_i^2$$

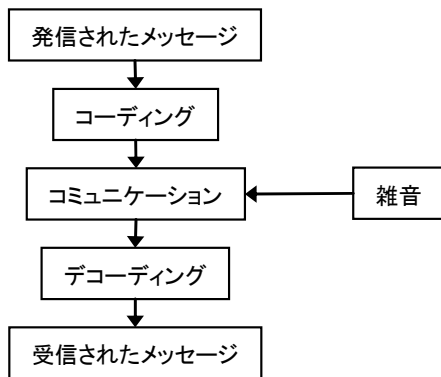


Fig. 3: コミュニケーションモデル

の二重非心  $F$  分布に従う。母 SN 比はこれらの 2 つの非心度を用いて表すことができる。

ゼロ点比例式の場合も同様に、母 SN 比は 2 つの非心度を用いて表すことができる。

## 6. 社会情報学における SN 比

工学の扱う人工的なシステムではシグナルの信頼性を表す概念として SN 比をとらえることもできるが、自然発生的なシステムである社会的コミュニケーションシステムにおいて信頼性を考えるにあたって、SN 比は有効となるであろうか。

コミュニケーション論の分野では、発信されたメッセージは語や形態素の配列による言語にコーディングされてからコミュニケーションされ、それをデコーディングすることによってメッセージが受信されるとする基本モデルがある (Fig. 3)。これはまさしく通信のモデルと同じであり、そこでの方法論によって説明できる可能性があることから、社会的コミュニケーションにおいても、SN 比に相当する概念が有効と考えられてきた。この概念は、「コミュニケーションが正しく行われているか」を表していて、うわさなどの誤った情報の排除や伝播過程における情報の劣化といった情報の信頼性に関わる問題に適用可能と考えられてきた。

しかしながら、メディア信頼に関する調査結果では必ずしもこのような概念規定が有効ではないと言われている。そもそも社会システムにおいては「正しい」「正しくない」の正否の判別が曖昧であり、こうした点から、社会システムにおいては、SN 比の概念は無効であるという考え方もある。

「信頼性」の概念をより精緻に再構築することによって、SN 比が社会システムに関して有効に活用できる可能性もある。コミュニケーションにおける不完全性と通信におけるノイズは相応するものであろうか。正しい言語からの逸脱をノイズと考えることもできそうであるが、そもそも正しいとされる言葉が怪しくなっている。

学校で教わるものと実際にコミュニケーションで用いるものがずいぶん異なっている。普遍的な「正しさ」を想定するのが難しいのが言葉でもある。

しかしながら、社会的コミュニケーションにおけるリスクについては、コミュニケーション技術の進展に伴い、大きな関心も集まってきている。情報流通の即時化、双方向化、グローバル化などによって、利便性、効率性、共存性などは大幅な向上が実現されたが、情報が誤っていたり、不正であったり、過剰であったりするとき社会へ及ぼす影響もこれまで以上に大きなものになっている。

一方で、多くの人は必ずしも正しい情報だけを求めているわけではない。「メディア上を流通している情報は必ずしも正しいものばかりではない」と認識しているにもかかわらず、「メディアは生きる上で大変重要」であり、「適正でない情報を受け取ったとしても、その正否を判断できるので問題ない」と感じている者が多かったということである。このことはそれぞれが情報に接したとき、その情報が S であるか N であるかを的確に判断できていると思っているのである。しかし、「自分以外の人はこの判断ができないものが多い」と感じている者も多く、これは S と N の判断基準に明確なものがなく、個人の判断に委ねられていることを示している。

メディアや情報媒体の持つ信頼性を考えるにあたっては、N である情報が存在しうる中でいかにして S である情報を伝達できるかが重要ではなからうか。これらのシステム設計において、N に対してロバストなシステムを構築するかを考えると、S と N の概念はその評価指標を与える有効なものになり得る。インターネットなどを通じたバーチャルな場やメディアによる世論形成、あるいは実際に集まる会議の場などで意見が形成されるとき、さまざまな議論が渦巻いている中から次第に議論が収束していく状況も見られる。これらの合意形成の過程を評価する場合にもこの SN 比の概念は適用できるのではないだろうか。

## 7. 横幹技術における SN 比

セッションのタイトルにもしている「横断型科学技術」として、SN 比という技術が存在しているのか。SN 比のもつ普遍性や共通原理などを見出すことができれば、分野横断的な知として SN 比をとらえることができる。

今回取り上げた分野における S と N をまとめてみると Table 4 のようになる。いずれも真に望まれる S を、N と対比させることで、それぞれの分野におけるロバスト性を評価しているとみることできる。通信伝送技術の発展により大容量の通信が実現してきているが、SN 比は通信性能を表す指標として用いられている。制御系の解析においても同じ SN 比の概念によって、センサの

Table 4: SN 比

	S	N
通信	信号電力	雑音電力
計測制御	観測量	観測誤差
統計	信号	誤差
社会情報	正しい	正しくない

誤差特性や通信路特性が制御特性に及ぼす影響が理論的に解析できる。これらは自然発生的な誤差が観測されたときの信号の性能を評価しているものと考えられる。タグチメソッドにおける SN 比では、誤差を人為的に発生させているのが特徴的であるが、自然発生的な誤差を仮定している統計的な枠組みでの解析も可能である。社会情報学では S や N の定量化が難しいこともあって、SN 比でもって評価することは難しいかもしれない。通信工学的には正しく情報が伝達されるかという視点で S と N を見ることもあるが、正しい情報が伝達されるかという視点で S と N を見ることもできる。その場合、N を人為的に発生させることで情報媒体の耐性を調べるなど、柔軟に N をとらえることによって社会システムを評価することも可能となるのではないか。

また、SN 比の概念は理想性の評価という視点で捉えることもできる。VE (value engineering) では機能とコストの比を評価指標として最大化を狙っているし、タグチメソッドでは理想機能を目指し、その評価指標として SN 比を採用している。ロシア生まれの発明的問題解決理論 TRIZ (theory of inventive problem solving) においても、理想性を技術進化の最終形態として捉え、有効機能と有害機能の比を  $\infty$  にするシステムが理想のシステムと考えており、分母の最大化と分子の最小化を如何に行うかについて各種の手法を提案している。社会科学におけるアクションリサーチの分野の SSM (soft systems methodology) では、思いのモデルを作成し、現実とのギャップから気付きを与え、そこから学習して、改革をすすめるという方法論を取っているが、この場合も (思いのモデル) / (現実とのギャップ) の比を評価関数として捉えていると思われる。経営学の分野では、事業戦略立案においてはどうかすれば市場は受け入れてくれるかというあるべきモデルと自分たちの現実の実力とのギャップを認識させ、そのギャップを埋める具体策を立案していくというやり方を取ったりしているが、これも (あるべき形) / (あるべき形 現実の姿) の比の最大化を評価関数としたやり方と考えることができる。ただし、これらは現状いずれも SN 比としては捉えられてはいない。しかしいずれも理想性の追求であり、これらはいずれも広義の SN 比の概念で捉えることができるのではないか。

外乱やノイズなどに対するロバスト性や理想性の評価の指標として SN 比は有効である。数値化されているため、優劣の判断を付けやすく、わかりやすい。しかし、適用する分野や状況に応じて、S や N はかなり自由に設定することができる。このことは分野横断的に SN 比という概念が登場することにもつながっているのではあるが、そこで用いられている SN 比が何を意味しているかの、その妥当性はどうかを十分に吟味する必要がある。その点からも、広く浸透している品質工学の SN 比を統計量としてみることで、統計的な観点からの議論がなされることは非常に興味深いことである。

謝辞: 総合シンポジウムにおけるオーガナイズドセッションでの講演をいただいた八嶋弘幸先生 (東京理科大学)、原辰次先生 (東京大学)、井村順一先生 (東京工業大学)、永田靖先生 (早稲田大学)、遠藤薫先生 (学習院大学) に感謝申し上げます。

特に原辰次先生にはセッションテーマの企画段階から貴重なご意見をいただき、さらに本寄稿に対しても多大なご尽力をいただきましたこと、ここに感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 八嶋弘幸: 通信における SN 比の役割, 第 1 回横幹連合総合シンポジウム予稿集, pp. 107-108, 2006.
- [2] 原, 井村: 計測通信の分解能・SN 比と制御性能, 第 1 回横幹連合総合シンポジウム予稿集, pp. 109-110, 2006.
- [3] 永田靖: 統計的手法における SN 比, 第 1 回横幹連合総合シンポジウム予稿集, pp. 111-114, 2006.
- [4] 遠藤薫: 社会情報に SN 比概念は有効か - 社会における「信頼」問題 -, 第 1 回横幹連合総合シンポジウム予稿集, pp. 115-116, 2006.
- [5] 原辰次: 制御しやすいシステムの特徴付け, 第 32 回制御理論シンポジウム資料, pp. 7-12, 2003.
- [6] J. Lu and R. E. Skelton: Robust variance control for systems with finite-signal-to-noise uncertainty, Automatica, Vol.36, pp. 511-525, 2000.
- [7] 藤崎泰正: 有限 SN 比モデルに基づく計測と制御の統合化設計, 第 22 回センシングフォーラム, pp. 311-314, 2005.
- [8] J. H. Braslavsky, R. H. Middleton, and J. Freudenberg: Feedback stabilization over signal-to-noise ratio constrained channels, Proceedings of the 2004 American Control Conference, pp. 4903-4909, 2004.
- [9] 原, 津村: 計測の精度・分解能と制御性能, 第 22 回センシングフォーラム, pp. 291-296, 2005.

森田 浩



1961 年生, 博士 (工学), 1988 年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程単位取得退学, 大阪府立大学, 大阪市立大学, 神戸大学を経て 2001 年大阪大学助教授, 2005 年同教授。専門はオペレーションズリサーチ。日本オペレーションズ・リサーチ学会, システム制御情報学会, 日本品質管理学会などの会員。