

『現場計測システム研究と活動報告』

建設マネジメント委員会

現場計測システム小委員会

委員長 佐々木 理一

1. はじめに

本小委員会は本年度の昇格までに3年鑑にわたり分科会としての活動を続けてきたが、今後は更に学会・業界に貢献できるような委員会活動を委員全員の自己啓発と共に積極的に行って行きたい。

しかしながら現状の建設産業は小型化・分散化の傾向にあるなかで、一方では先端産業や情報の高度化利用が検討され非常に矛盾した様相を示している。これも我が国のこれからの産業・経済情勢からみて致し方ないことではあると思われるが、建設産業に於ても多品種・少量生産型システム導入への転換期であると考えればシステム研究の価値はかえって大きいものと考えられる、建設産業の高成長期にあつては受注と消化のみに奔走したつづけを低成長期に支払うのは我々自身の責任ではあるが、その時代の技術的資産も皆無ではない、これらの資産を如何に有効利用するかは建設産業をシステムチックに捉えた時に初めて明確にされるものであろう。

建設産業にこのような期待と展望を寄せるときにマネジメントの役割は大きいそしてそれをバックアップするものが情報化であろう、これは単に施工のみならず計画から保全までのシステムに建設の目的を明確にして最適化をはかる手段として情報を利用することである、特に建設産業は公共的要素が強く官学指導型で行われてきたが、今後の低成長期と経済摩擦に対して国内需要拡大の政策として民間活力利用が掲げられているが、民間企業の魅力ある投資対象として、また魅力ある技術開発対象とするためには解決されなければならない大きな問題点である。一見なんのかわりもない問題のようではあるが建設に於ける計測システムもマネジメントもその目的を明確にすることで大きく考え方が異なってくる、受注・施工・引渡しのためのサイクル内では合理化にも限界があり戦略としてのマネジメントもその効果を発揮し得ないのではなかろうか。

このような中でマネジメントに於ける計測の位置づけを考えると、やはりその目的が非常にあいまいであることが認識出来る。本来の建設目的よりもたてまえとしての安全や管理に主眼を置かれ、またそれを当然として受け入れている当事者双方にも大きな問題があるのではないだろうか。

また先程述べた多品種・少量生産型システムではシステム自体の拡張性や柔軟性が要求される、建設産業に於いてばかりでなくシステム導入は多量生産を対象として初まるが一般製造業では既に以前より多品種・少量生産型システムに移行している、しかし建設産業に於ては非常に難しい問題として受注生産々業であり、地域性の影響を受けやすい事があげられるが、本当にそのためにだけシステム導入が遅れているのであろうか。

このように考えるとき我々のなすべき事は非常に意義があると思われる、本委員会の委員は広い範囲の方々が集っており、計測・解析から情報処理・設計に至る現業の専門家集団であるが現在のところ計測機器ハード面の専門家はいない、今後序々にそのような分野の方々の参画も得ようと考えているが、こゝで述べたような考えかたに立脚すると、技術があるから計測するのではなく、マネジメントの最適化のために最先端の計測技術を如何にシステムに利用するかという観点から、あえてユーザーとして客観的検討を加えているのである。

だが計測の要素技術としての計測が可能であるか可能でないかは、やはり大きな問題であり、その手段も、『変位→電気信号変換』のような単純なものから『音波・電磁波』などをメディアとして利用した高度なものに変わりつつある時これらの先端技術をたゆまず取り入れ、また取り入れる方法を積極的に検討してマネジメントの中での真の計測目的に対しての最適化の追及をして行くことを新しい目標として設定したい。

2. 小委員会活動の経過報告

昭和60年2月より小委員会としての活動を開始したが、その主な内容は次の通りである。

(1) 第1回小委員会 昭和60年 2月 5日 19名出席

小委員会役員の選出と活動の方向づけを討議する副委員長には佐藤工業（株）植松委員を幹事にはフジタ工業（株）岡野委員と（株）奥村組 寺田委員が選出された。

活動方針としては他の小委員会とのコミュニケーションを更に活発にして建設マネジメントの中での計測の位置づけを明確にするともに、現場計測システムの向上に貢献出来るような研究を継続することが決議された。

(2) 第2回小委員会 昭和60年 3月 8日 21名出席

懸案であったワーキンググループの編成を実施した、グループとその研究内容は次の通りである。

a. 「現状調査W/G」前に収集したアンケートの集計・分析を行い現場計測全般に亘るニーズの方向づけをするともに計測費用の傾向等についても検討する。

「主査」 日本国土開発（株）苦瀬委員

b. 「体系化研究W/G」現場計測システム体系化のための分類を既往の項目の収集に今後の新技術を検討したものを加えたフレームワークを行う。

「主査」 大成建設（株）神崎委員

c. 「要素技術W/G」センサーから収録機器までについての製品データの収集や研究を行い、機器のロードテストなども加えて精度や計測手段についての最適化研究を行う。

「主査」 佐藤工業（株）福島委員

d. 「周辺技術W/G」計測情報の利用面や処理・解析に於けるソフト技術を主体に研究を行う、特にマネジメントに於ける位置づけを充分検討したい。

「主査」 （株）大林組 土屋委員

これらのワーキング・グループの編成によりグループ毎の会合の必要性が生じ、小委員会を毎月召集することは無理があるために隔月にし、その中間月は小委員会役員と幹事・主査のみで連絡会を行う事とした。当然ワーキング・グループは毎月研究会

を実施し、その結果を小委員会若しくは幹事連絡会に報告することとするものである。

(3) 第3回小委員会 昭和60年 4月23日 24名出席

各ワーキンググループ毎の研究・作業方法と今後のスケジュールについて討議する。

「現状調査W/G」：第1ステップとしてアンケートの粗集計を行い、次にこの分析をしながら他のグループと調整をとりながら作業を進めて行く。

「体系化研究W/G」：各省庁等の発注分類や便覧などの分類を収集し、これに新しい技術分野を考慮した分類手法を研究するとともにデータベースとしての利用も考えて行きたい。

「要素技術W/G」：センサ・データーロガーの資料を収集することから始める、実際の使用例として最適化された例が少なく非常に無駄が多いため、どのようにまとめて行くか検討中である。資料の分類手段についてはとりあえず工種別に考えて精度との関係から研究して行く。

「周辺技術W/G」：データ利用として施工に於けるマネジメントへの関連を検討する。計測管理及び予測手法と実測値の相関性について山留めの施工例研究し、データの信頼性や現象から要因を把握する手段及びシステムの信頼性設計の方法についても研究して行きたい、更に海洋計測についても対象として行くつもりである。

スケジュールとしてはアンケートの集計・分析をメインとして、その中から今後の課題を抽出するとともに、その成果を速く協力者へ返せるようにすることを協議したが本年末の研究発表会に間に合わせることが精一杯のようである。更に集計で分解出来ない項目については今後の検討の課題としたい。

(4) 第1回幹事連絡会 昭和60年 5月30日

各ワーキング・グループの作業経過の報告およびアンケート集計・分析と今後の作業のスケジュール確認を行う。

(5) 第4回小委員会 昭和60年 6月18日 24名出席

実施例報告として「山留め無線計測による安全管理システム」について資料を配布した。

各ワーキング・グループの研究作業の報告を受け

「現状調査W/G」：アンケート基礎集計のフォーマットが確定し、次回に集計結果を持ちより8月中に結果をまとめる予定、その後の詳細分析については未定である。これらの資料についてまだ不明な項目も多いので、工種と費用にしばったアンケートを来年度も行いニーズと費用に関する研究を進めたい。

「体系化研究W/G」：分類手段についての討議を行った、収集した資料やアンケートに使用した項目などを参考にして研究をしてゆく。

「要素技術W/G」：アンケート集計のうちセンサ・収録機器に関して独自に分析してみる、フォーマットも定めたので「現状調査W/G」から引継ぎ次回までにまとめる、また調査業者などを招待して機器に関するディスカッション等も考えている。

「周辺技術W/G」：工種別の計測管理・予測の手法を研究して行きたい、山留め計測については資料を収集中でNATM計測については参画委員の会社へ呼びかけるつもりである。原価管理との関連や交流討論会についてはこれらの作業の次のステップで検討したい。

以上のような各ワーキンググループの報告と予定について質疑・討論がなされたが、「要素技術研究W/G」へは計測機器メーカーへの呼びかけと製品のロードテスト基準の検討やロードテストの実施を考えてはどうか等と意見が出された。

⑥第2回幹事連絡会 昭和60年 7月24日

本年度の研究討論会についてのスケジュールの打合せを行う、また各ワーキンググループの作業の確認と内容検討を行ったが各ワーキング共毎月1回の会合と分担作業を確実にやっていることを確認したが、アンケートの集計・分析作業は相当な負担になっている模様である。

⑦第5回小委員会 昭和60年 9月 6日 27名出席

今回は(株)奥村組の筑波技術研究所を見学させて戴くことを企画していたが、参画の奥村組委員並びに当研究所々長の御好意により実現した。

当日は当研究所で委員会を開催し河原畑副委員長の参画も得て、各ワーキンググループの経過報告と研究討論会の内容に関する討議が行われた。

⑧第3回幹事連絡会 昭和60年 9月20日－

アンケート集計結果の依頼先への発送予定等の確認をした結果、研究討論会迄に発送し詳細分類や考察については当日の発表で取り上げることとした。

以上の様に各委員とも多忙な中にもかかわらず非常に熱心な研究活動をして頂いているが、総体的には現場に於ける計測システムの概念は、情報化施工の叫ばれる割には低い地位しか持たないようであるこれは我々自身がまだまだ余計なことには眼をつぶろうとする様な点が無いとは言えないこと、もう一つはしっかりと体系づけられたものが無いことであらう。

だが工事の分散化・小型化にもかかわらず計測費用は着実に上昇の傾向を示している、計測を技術的な数値計測にとどまらず、形状認識や計数までも考えると更にその分担率は大きくなってくるものと思われ、建設マネジメントの中での計測システムの位置づけは今後大きく期待されるものであることを示準するものである。

故に我々はこれらを体系づけ計測システムをより完成した実用的なものとするを目的としているが、全体のシステムの目的は施工のマネジメントにあり、これからの要求に如何に充分な情報を出力するか我々の小委員会の目的ともいえる、この辺が単なる計測研究とは若干異なるものであると思われる、このように考えるとき計測機器それぞれの機能のみではなく計測システム全体の完成度が要求されるのである、これらを追及してより良いシステム化を計ることは当然のことながら最高の技術を駆使した信頼度の高い計測機器や計測情報の処理システムが必要となってくるものであって、計測機器の性能向上を待つのではなく、計測システム開発に必要な機器開発も併せて機器メーカーの協力のもとに実施して行きたい。

このような考え方が小型化・分散化の傾向にある建設産業への戦略として最も有効な、手段であると考えられ、マネジメントの目的が採算性の向上であっても品質の向上や安全性の向上にはユーザー間の協力や機器メーカーの協力、更には事業主体者側の協力があってはじめてその効果が現れるものであらう。

3. 現場計測システムの評価への提案

こゝで計測システムとしての最適化計画や設計が我々の目標であるとするれば現状の現場計測がどのようなレベルにあるだろうか、個々のアンケートの結果は各ワーキンググループより考察が発表されるであろうが、こゝでは総論として計測システムの最適化とその評価について考えてみたい。

総体的に現場計測システムは無駄が多く、しかも全体システムとしての完成度は非常に低いのではないだろうか、これは何時も述べるようにフィールドワークとしての難かしさばかりでなく計測作業そのものが体系づけられていない上、多くの現象の異なる項目を計測する必要がある、これらの相関々系を知ることを目的とすることが多い、したがって現場計測の計画・実施をする場合同一計測項目についてはセンサからデタロガーまで完成されたものが多く非常に簡単に行えるが、一つでも計測手段の異なる計測項目が増加すると先ず機器相互のインターフェイスやデータ処理に頭を悩まし殆どの場合オーダメイドでこれらのインターフェイスやソフトは製作される、そうでなければ計測情報処理に膨大なオフライン作業を残存させることになり合理化には程遠いシステムになってしまう、これらの要因が計測システムの汎用性を疎外し更には経済性をも悪化させていることは否定出来ない事実であろう。これ以外にも種々な要因は存在するが中には単種目の工事や基準のある工種、例えば単純な土工や地盤改良工事・トンネル・シールド工事等に見られるように比較的システム化されたものが多いことも、一般工事の多様性と計測目的の体系化がなされていないことを示すものであろう。

現場計測に限らず一般に計測システムの各要素は必ず「計測数値」・「計測時間」・「計測位置」になる。そしてこれらを集約して転送・記憶や処理を行う機能が存在し、分散型である場合はその間にオフライン作業が介在する。但し計測位置と計測時間については統轄システム側で判断が可能のため末端要素では「計測数値」のみ必要となる。

こゝで考えられることは計測システムの簡略化と合理化のために計測数値以外は殆どの場合外部から統轄処理されている、故にその情報は専用であり他

から見ると無価値なものが多い。現在記憶素子や情報処理技術が日進月歩の時代にあって部分的合理化が果たして汎用化に継がるかどうかは疑問である、仮に計測情報が末端から全て一定の形式で単位・数値・対照・位置・時間が出力されるとすれば汎用性は桁違いに大きくなるだろう。

次に計測の結果は必ず何かに利用されなければならないから、当然要求される精度との相関が生じるこれについては『周辺技術W/G』で研究テーマとしており今後の方向づけをまとめてゆくが情報の利用面からはデジタル処理が遙かに有利であり一般の現場計測では12ビット（4096）の分解能があれば十分であろう。

これらの要素技術の集約である計測システムは細分して評価してみると大きなバラツキがある、その主なものを列記すると要素単位では、

- a. 精 度
- b. サンプルング時間

の2つであるが、全体システムで考えると、

- a. サンプルング間隔
- b. 記憶容量
- c. 表示能力
- d. 転送能力
- e. 処理能力
- f. 制御能力

などが微妙に影響しあう、そして評価項目としてはつぎのように考えられる

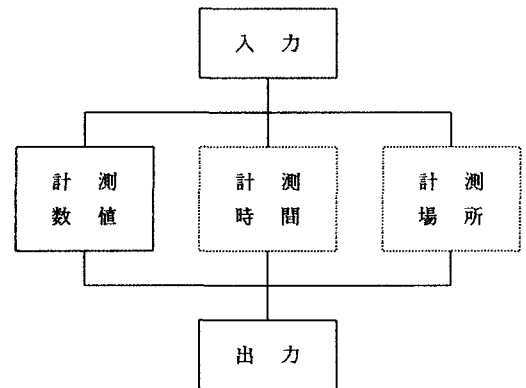


図 3. 1 計測システムの要素構成

- a. 精度 $A = \text{要求精度} / \text{出力精度}$
- b. 測定 $B = \text{測定間隔} / \text{測定時間} \times \text{測定点数}$
- c. 処理 $C = \text{処理出力時間} / 1 \text{ 測定入力時間}$

などが判断の対象となる、精度は処理中の誤差も考えて1桁程度は要求に対して高いものを出力されるべきで5～10を標準と考えると、Aについて

① $A > 10$ の場合

コストパフォーマンスが悪い、処理段階で余分な負荷が必要。

② $A < 5$ の場合

要求精度を満足出来ない場合が発生する。

と言うような評価が可能でありBの測定に関しては

① $B < 1$ の場合

サンプリング間隔が小さいので同時測定リアル転送モデム等の使用が必要。

② $B > 1$ の場合

計測点数の増設に余裕あり、数字はその余裕度を示す、但し余り大きいとコストパフォーマンスに問題あり、2～3が限度か。

又分母の「測定時間×測定点数」からはデータのバイト数によって転送或は記憶メディアに要する性能を評価できる。

Cの処理能力は出力形式によって大きく異なり通常は制御出力・CRT表示出力・プリント又はプロッター出力の3種類と考えて良く、前者ほど速く後者ほど出力に時間を必要とするのが普通である、その評価としては、

① $C > 1$ の場合

制御出力の場合は機能的に無理であり、表示では全データをリアルタイムで表示出来ない、プリンタの場合も同様である。

② $C < 1$ の場合

どの出力でも余裕があるが、あまり大きいとコストパフォーマンスが良くない場合がある。

これはデータの処理プロセスで統計処理等の手法が介在してもおおよその見当はつけられる。実際の計測システムの計画や設計には更に詳細な検討がなされるのであるが、それはあくまでも設計者側の意向であり測定にたずさわるユーザの意向を100%反映したものとは言いがたい。

ここに記したのは現場でのユーザにとって評価しやすい1つの指標である、そしてこれを三角座標でプロットすればもっと理解しやすいとおもわれる、これを図2.2に示す。

この中で今回の各ワーキンググループの研究の成

果からも発表されることと思われるが、Aの精度については処理機能や要求精度に較べて驚く程高精度のセンサが使用されていたり、Bの測定では余裕のあり過ぎる場合が多いようであって一般にバランスのとれたシステムは少ないようである。

今後の研究としてはユーザが評価出来るような方法をこの提案をもとに検討すると共に、メーカーカタログからの評価に関連する基本性能の抽出や要求精度や測定方法（設置密度・測定頻度）などの基本事項の整理・統一化を提案して行きたい、その他ハード面では先端技術の利用や現場に於ける直接マネジメントに関連する計数や幾何計測（測量・土量測定・稼働状況管理測定）などの手法と利用を他の小委員会との交流討論などの結果から模索してゆくつもりである。

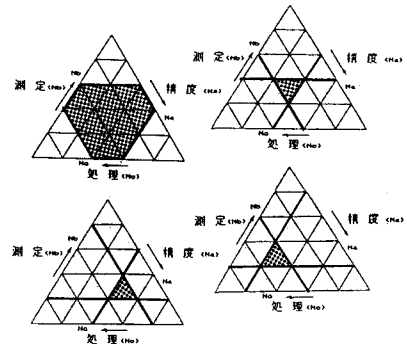


図 3. 2

4. 現場計測の現状について

昨年度もこの委員会の研究結果として現状調査の概要を発表したが、その後も小委員会活動報告に示すように更に詳細な現状把握のための活動を行っている、その成果の概要に考察を加えたい。

まず今回の調査は10工種・7計測項目・9条件について、約150現場を対象に行ったものである。

この調査結果で果たして全体の傾向を知ることが出来るかは疑問ではあるが、工種毎の傾向や評価手段の模索には充分役立たせることが出来るのではないかと考えられる。

アンケート調査の項目は次頁の表4.1のようなものである。

表 4. 1 アンケート調査の項目

(1)計測を実施した工事の概要	
A. 工種 B. 構造の概要 C. 地盤等の状況 D. コスト	
(2)計測の内容	
E. 計測項目 F. 計測目的 G. 計測機種 H. 計測方法 I. 計測条件 J. 故障回数・原因 K. データ処理方法 L. データー利用方法 M. 自由意見	

これらの調査結果は工種別計測項目では 552項目に及び、ここで全てを紹介することは出来ないが、その中から主な項目と傾向を説明する、詳しくは本年度の建設マネジメント委員会、研究発表会資料を参考にされたい。

まず計測の目的を集計すると、次の表 4. 2 のようになる。

表 4. 2 工種別の計測目的

(単位：％、項目数)

計測目的 工 種	a. 施工 管理	b. 安全 管理	c. 設計 法の 確認	d. 事前 調査	e. 維持 管理	f. その他	平均の計 測目的数
① 掘削1	34.8	91.1	58.9	0	12.5	25.9	2. 2
② 掘削2	34.0	74.0	64.0	2.0	28.0	22.0	2. 2
③ 盛 土	53.8	10.3	28.2	0	7.7	2.6	1. 0
④ ダ ム	62.5	0	0	0	12.5	37.5	1. 1
⑤ 埋立など	18.8	6.3	18.8	0	18.8	37.5	1. 0
⑥ 施設基礎	15.2	21.7	37.0	0	6.5	19.6	1. 0
⑦ トンネル	31.4	59.0	67.6	0	10.5	42.9	2. 1
⑧ シールド	28.2	31.8	14.5	2.7	11.8	10.9	1. 0
⑨ 橋 梁	52.4	0	66.7	0	19.0	0.0	1. 4
⑩ その他	35.6	17.8	40.0	6.7	4.4	22.2	1. 3
全 体	33.2	46.9	44.9	1.3	12.3	22.8	1. 6

(注) 回答は、複数回答なので工種別合計は100％を超える。
全体は、全工事数の計測目的の分布である。

これで見ると工種によって、その主とする目的が明らかに異なっている、これは単に計測のみではなく施工マネジメントに於ても最も重大な管理のポイントを示しているものであらうと思われる。

次に計測の頻度を集計したものを 表 4. 3 に示す、ここでは平均して1日／1回を中心にして分布しているが、なかでもシールド工事の一部では常時計測しているものもあり、概して自動化の高い工

程急激に計測頻度が高くなっている。これは計測の可否が自動化にも大きい影響を及ぼしているものと言えよう。

表 4. 3 計測頻度の分布 (単位：％)

計測頻度 工 種	a. 連続	b. 1～10分 未満	c. 10分～1hr	d. 1～6hr	e. 6hr～24hr	f. 1回／日	g. 2～3回／週	h. 1回／週	i. その他	合計
① 掘削1	2.4	0	5.6	2.4	20.0	36.0	13.6	19.2	0.8	100.0
② 掘削2	5.8	26.9	9.6	7.7	15.4	30.8	1.9	1.9	0	100.0
③ 盛 土	0	0	0	6.7	0	33.3	16.7	33.3	10.0	100.0
④ ダ ム	25.0	0	0	12.5	25.0	0	0	25.0	12.5	100.0
⑤ 埋立など	0	42.9	0	0	0	28.6	7.1	0	21.4	100.0
⑥ 施設基礎	0	3.3	0	30.0	40.0	3.3	3.3	3.3	16.7	100.0
⑦ トンネル	0.7	0	1.4	9.9	19.1	58.2	1.4	0.7	8.5	100.0
⑧ シールド	17.2	26.6	12.5	17.2	1.6	1.6	0	4.7	18.8	100.0
⑨ 橋 梁	3.8	0	0	19.2	0	30.8	0	38.5	7.7	100.0
⑩ その他	12.5	8.3	25.0	25.0	0	8.3	0	2.1	18.8	100.0
全 体	5.0	7.8	6.3	11.3	13.9	31.8	5.0	9.9	8.9	100.0

(注) 回答では、計測項目により計測頻度が異なるため、1工事で複数の計測頻度が記入されることもあるが、少数なので全体を100％として計算している。
全体は、全工事の全計測項目の分布である。

その他処理系ではパソコンが圧倒的に多く使われており、近來のパソコン機能の向上と普及ぶりがうかがわれるものである。

計測の費用については平均して工事費の2％程度を示しているが、工事の内容によっては同一工種で1～8％の差があり、計測目的や計測費用のありかたと共に今後の問題点の一つとなろう。

また計測費用の分解ではハードとソフトの費用がほぼ7対3となっていて、計測機器やコンピュータに大きな負担がかかっている。このような点からも早く計測の体系化と、それにあった汎用機器の開発が望まれるものである。

『参考文献』建設マネジメント委員会 第1回研究発表会 資料

実態調査にもとづく現場計測の現状と課題より