

© 1984 ISIJ

日本鉄鋼業における計測の系譜



豊田 弘 道*

The Historical View of Measurement Technology in the Japanese Iron and Steel Industry

Hiromichi TOYOTA

1. 緒 言

日本の鉄鋼業は巨大な総合システム産業である。そして今まで絶えず、総合システムをより高次のものへ、より効率的なものへと改革を続けてきた結果、世界に冠たる今日の日本鉄鋼業を構築し得たのである。そして、鉄鋼という物質を媒体として実は総合システムの成果を売っているのである。この実体を正確に分析し認識することは、今後の日本鉄鋼業の進路を定める上でも重要である。さらにまた、総合システムの構成に寄与する計測技術の役割を正当に評価することも重要である。本論の前段においてはこのことに触れ、大局的な省察を加えることにする。

一方、日本鉄鋼業が世界に誇る質的發展を遂げてきた過程をふりかえると、第二次大戦前から連綿として続けられてきた計測技術の研究と開発の系譜に気がつく。この歴史的系譜を無視しては、鉄鋼業における今日および将来の計測の動向を論ずることはできない。まさに「ローマは一日にして成らず」の感が深い。

さて以上の系譜の源流にあつたのは、偉大なる先達**英国**である。そして、俵を委員長としてその下に多分野の人材が参集した日本学術振興会第 19 小委員会（現在の製鋼第 19 委員会）第 2 分科会なる共同研究組織があつた。この流れは戦後、さらに発展した大河となり、分流して今日の日本鉄鋼協会共同研究会計測部会および計測自動制御学会温度計測部会となつてゆくのである。本論中段では以上の系譜を通観する。

さらに本論の後段においては、前記計測部会における最近 10 年間の研究報告をテーマごとに分類大別して、鉄鋼業における計測の動向を大観することにする。

2. 総合システムにおける計測の位置

鉄鋼総合システムの基本構成を図 1 に示す。情報と物質とエネルギーの 3 者によつて基底が構成され、総合システムを頂点に支える立体が構築されている。

ここで、物質は鉄鉱石を始めとする各種原材料、鉄鋼半製品および製品、その他副産物などである。エネルギーは石炭、石油、各種燃料ガス、電力などである。情報は温度、圧力、流量、成分、寸法、形状、疵、レベル、装入プロフィール、空燃比など多種多様な計測値から抽出されるシステム管理制御用情報である。そして、基底の矢印に示すように、情報と物質とエネルギーの 3 者は相互に関連し依存しており、単独では存在の意義を持ち得ない。何の一つが欠けてもシステムの立体は崩壊する。

上記の 3 者を具体的に結合させ活用して総合システムを効率よく円滑に運転するには、人間および人間の発明した道具が必要である。3 者に関する道具の代表例を以下に分類列記する。

- (1) 物質：高炉、転炉、連続鋳造装置、圧延機など。
- (2) エネルギー：コークス炉、熱風炉、燃料輸送装置、バーナ等燃焼装置、電動機など。
- (3) 情報：センサ、計測機器、自動制御装置、電子計算機、データ処理表示装置など。

これらの道具のうち、情報に関するものの発展は他に比して急激であり、かつ多種多様である。また、それらの道具を使いこなす人間の技術（高次のソフトウェア）の発達も同様である。鉄鋼成品の質的付加価値を高めてゆくためには、この分野での休むことのない革新が要請

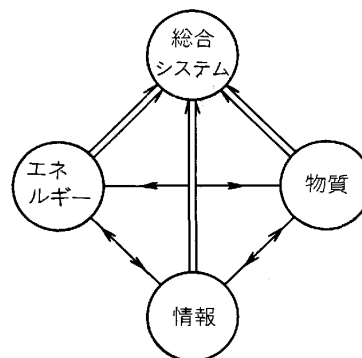


図 1 総合システムの構成

昭和 59 年 1 月 6 日受付 (Received Jan. 6, 1984) (依頼展望)

* 東京大学工学部 工博 (Faculty of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku 113)

される。ここで中核となるのは、計測と制御に関する道具と技術であり、鉄鋼総合システムの内において、副次的・補助的・傍流的技術ではなくして、今や認識(計測)と行動(制御)とに関する根幹的技術となつているのである。

現在の鉄鋼プロセスから計測・制御関係装置を除去した場合を仮定すると、一体何のようになるであろうか。この巨人産業は不良品の山を築くだけにとどまらず、物質関連の設備と装置は回復不能の障害を受けてスクラップと化することが容易に想像できよう。この反省は、将来の日本鉄鋼業の進路に関しても重要な暗示を与える。発展途上国の追い上げを超えて、なおかつ世界一の鉄鋼産業を保持するためには何を推進充実させるべきか。計測と制御に関する技術者の比重をどのように評価すべきか。以上の設問に対して、日本鉄鋼業の主脳陣の賢明なる洞察と対応を期待したいのである。さらにまた、計測と制御に関する高度技術が安易に海外に流出しないような方策を、大局的な立場から考えてもらいたいのである。

3. 鉄鋼業における学際的共同研究の系譜

日本鉄鋼業の共同研究組織として、日本学術振興会第19小委員会が戦前に作られた。その中に設けられた第2分科会は温度計測の共同研究を連綿と続けてきた。昭和11年3月の第1回会議から昭和58年11月の第135回会議まで、研究の歩みは大戦中も中断されることはなかつた。初代委員長俵国一より第2代主査山内二郎を経て現主査菅野猛に引き継がれてきた共同研究の系譜を、図2にまとめて示した。昭和45年2月の第94回会議から、それまで欠員であつた幹事に筆者が就任することになった。菅野による第2分科会研究経過の報告から、要点を以下に列記する。

3.1 日本学術振興会第19小委員会の研究

昭和9年ごろから軍需工業を中心に日本の生産工業界は非常な活気を呈してきた。特にその中心を成したのは鉄鋼業であつた。ドイツを中心とする普通鋼の技術が日本製鉄に、イギリスの酸性平炉を中心とする高級鋼と特殊鋼の技術が海軍の呉工廠に導入されていたが、鉄鋼特に特殊鋼を能率よく製造するために、一つの全国的な研究組織を持つという議が俵国一(東京帝大)を中心にして日本学術振興会の中で持ちあがつた。この結果、第19小委員会が作られ当時の学、官、軍、民の総力を結集して製鋼能率向上の問題を基礎的に研究していくことになった。

1) 第19小委員会の第1回会合は昭和9年12月に開かれた。参加者は当時の日本の学界の最高レベルの人達で、多数の金属学の学者以外に物理関係の学者が加わつていた。この会合で成分分析と反応とが最重要の問題とされ、別に成分分析の委員会を作つて研究することに

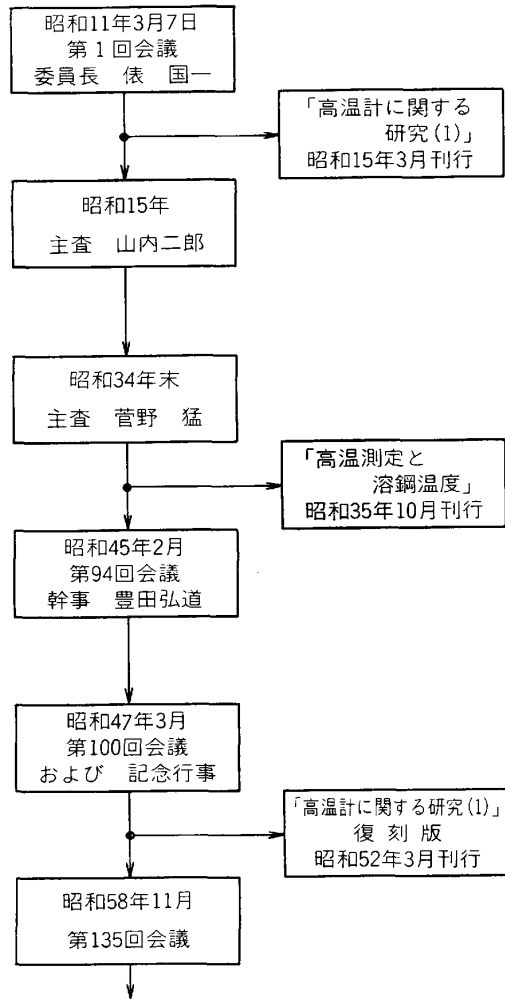


図2 日本学術振興会製鋼第19委員会第2分科会の系譜

なつた。温度測定に関する委員会を作るところまでは進行しなかつたが、本多光太郎(東北帝大)を中心とする物理関係学者が発議した温度測定法の基礎の確立の方向に対して他の委員一同が賛成したのである。

2) 昭和10年2月の第3回会議で、さらに測温の問題が論じられ、光高温計について、その耐久度、精度、信頼性、検定方法などをさらに確かめることになった。現場での状況が本多から報告され、出席していた計器メーカーの人にも聞いてもらえたのである。

3) 第4回会議で、北辰製、横河製、シーメンス製の3種類の光高温計を第19小委員会が購入することになった。購入以外に上記メーカーが寄付してくれることになり、合計7台が第19小委員会の所有になった。たまたま東北帝大の金属材料研究所にシーメンス社製の光高温計用標準ランプがあつたため、そこで検定を実施することになった。

4) 昭和11年1月の第7回会議において、検定結果の報告があり光高温計の補正方法に関しても意見がのべ

られた。その結果、俵委員長から、第 19 小委員会というメタラジストを主とした集まりの中でこのような問題を論じていくのは適当ではないから、温度計測を中心にした別の分科会を作ろうではないかとの提案がなされ、委員一同の賛成を得た。ここで、すでにできていた分析に関する第 1 分科会に次いで、第 2 分科会の新設が決定した。

5) 第 2 分科会の第 1 回会合は、昭和 11 年 3 月に開催された。出席者は俵委員長を含め大学、研究所、鉄鋼界などからの 17 名であった。初参加者に山内二郎(当時電気試験所技師、のち東大計測工学科教授となり、定年後慶大計測工学科、同管理工学科、青山学院大の教授を経た。日本計測学会の初代会長、日本鉄鋼協会熱計器専門委員会委員長、元国際度量衡委員。)の名前が見られる。山内が鉄鋼業の計測さらには日本の計測に深く関与する契機がこの時に作られたのである。この会合では研究の分担範囲が審議された。また、前記 7 台の光高温計を使い、呉の製鋼部を利用して出鋼時の溶鋼温度の同時測定を実施することも決定された。

6) 第 2 回会合は昭和 11 年 12 月に開かれた。このときは温度計測を実際にやっている人を追加して 34 名があつまつた。その中には計器メーカーの人も含まれており、第 2 分科会の研究組織構成の伝統となつてきた。このやり方は、日本鉄鋼協会共同研究会計測部会にも取り入れられている。

7) 第 4 回会議は昭和 13 年 3 月に開かれ、菅野猛(当時住友金属製鋼所技師、のち阪大教授を経て東大計測工学科、同物理工学科教授となつた。元東大工学部長、元職業訓練大学校長、現第 2 分科会主査。)が上司につれて初めて参加した。それ以後、第 135 回会議まで 1 回の欠席もなく共同研究の系譜を支えてきている。

8) 第 5 回会議以後の研究成果については、余りに数が多いため省略するが、成果の一部は第 2 分科会が昭和 14 年 7 月にまとめ昭和 15 年 3 月に日本学術振興会から刊行した「第 19 小委員会報告区、高温計に関する研究(1)」に見ることができる。その中では、光高温計の標準的計測方法、浸漬熱電対、2 色温度計、写真による温度パターン計測、統計的手法によるデータ解析など、先駆的な試みが数多くなされている。これらは現在でも関心を集めているテーマであるが、その芽は戦前に早くも育てられていたといえよう。

俵国一が温度計測を組織的にとり上げて、専門の違う各分野の人々(鉄鋼には直接関係のない人が多かつた)を広く集め、大学、研究所、検定所、現場を結びつけた総合的研究組織を作り上げたことは、今日においても画期的なことといわねばなるまい。これにより、日本における温度計測の系譜の大幹が形成されたのである。

3.2 第 2 分科会の戦後の研究

第 2 分科会の戦後の研究成果の一部は、「高温測定と

溶鋼温度」²⁾にまとめられて刊行された。それ以後、昭和 58 年 11 月の第 135 回会議までの主要な研究成果と研究テーマをあげると以下ようになる。

- 1) バラジウム線溶融法による PR 熱電対の高温検定方法(学振法として確立)。
- 2) 消耗形熱電対用補償導線の性能改良。
- 3) 酢酸ナトリウム転移点による PR 熱電対用補償導線の校正方法(学振法として確立)。
- 4) 0.65 μm 単色放射温度計の共同実験。
- 5) 実用形定点黒体炉と 0.9 μm 単色放射温度計による新しいトレーサビリティシステムの確立。
- 6) シース熱電対の実用性能評価とシャントエラーの究明(研究進行中)。

4. 計測自動制御学会温度計測部会への系譜

山内二郎が初代会長を務めた日本計測学会は、昭和 36 年 9 月に自動制御研究会と合併して計測自動制御学会に発展した。計測自動制御学会員のアンケートによる研究テーマとして温度計測に関するものが非常に多かつたこ

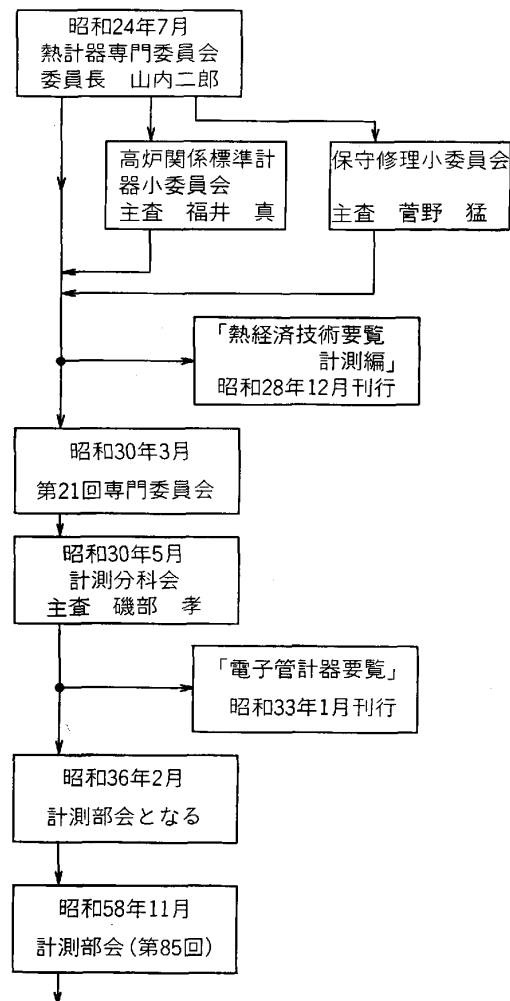


図 3 日本鉄鋼協会共同研究会計測部会の系譜

とから、温度計測研究専門委員会が設置されることになり、昭和 37 年 10 月 9 日に第 1 回委員会が開かれた。

委員長は菅野猛、幹事は筆者がなり、各工業分野からの委員約 15 名で構成された。

昭和 39 年 4 月 22 日の第 16 回委員会において、新しく研究テーマを 3 大別し、各テーマごとに強力に共同研究を推進させるため 3 小委員会の設置が決定した。以後の研究活動は急速な進展を示し、その研究成果³⁾は「計測と制御」にまとめられている。

前記委員会は昭和 40 年 9 月に任務を達成して解散したが、そののち前委員会の成果を継承してしかも全学会員に対し公開の形をとった温度計測部分が設けられ、今日まで活発な活動を続けている。この部会の歴代の部会長と委員は第 2 分科会関係者と鉄鋼界の計測技術者が多く、系譜の大流を示している。

5. 日本鉄鋼協会共同研究会計測部会への系譜

昭和 24 年 7 月の熱計器専門委員会にはじまり、現在の計測部会に引き継がれるまでの共同研究組織の系譜の大幹を図 3 に示す。系譜の初期を磯部孝（東大計測工学科、同計数工学科教授となり、定年後千葉大の教授を経て、現在中部工大教授、元計測自動制御学会会長）のまとめた資料⁴⁾より抜粋して以下にのべる。

5.1 熱計器専門委員会

計測部会の前身である熱計器専門委員会は、日本鉄鋼協会熱経済技術部会の熱計器、熱精算、加熱炉の 3 専門委員会の中のひとつとして、山内二郎委員長の下に昭和 24 年 7 月に発足した。この技術部会とは鉄鋼協会、通産省鉄鋼局、鉄鋼連盟の 3 者が、同年 6 月に制定された「鉄鋼熱経済強化対策要綱」に基づいて作った技術委員会の中に設置された部会であつた。当時は敗戦後の生々しい鉄鋼生産復興期であり、熱管理ということがまず第一の目標に取り上げられた時期であつた。そして「産業を復興し、自立してゆくためには、生産能率を向上させ、コストを下げ、品質を管理する作業の合理化が必要である。それには計測器を適正に使つて工程の運転管理をし、分析検討して改善進歩に努めて、はじめて可能となるので、従来余りにも多かつたカンによる操業の非科学性を脱脚しなければならない。」とする山内委員長の提唱によつてこの委員会は進められた。そして共同研究の方針には、第 2 分科会の哲学がそのまま生かされたのである。

最初の課題は製鉄設備に対する標準計器の検討であつた。高炉、平炉、加熱炉などの各装置ごとに測定的重要度を検討し、標準の測定方法と制御方式をまとめることとなつた。さらに具体的な取りまとめを進めるため、図 3 に示す小委員会も設立された。こうして熱計器専門委

表 1 計測部会研究発表テーマの動向

昭和年		58年	57年	56年	55年	54年	53年	52年	51年	50年	49年																					
部会回数		85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	
特別議題, 小委員会など		↑ (IISI 第 15 回 技術委員会報告)		↑ (JIS C1602 改正)		↑ (光応用計測制御システム)		↑ (秤量分科会解散)		↑ (環境用計測多し)		↑ (プロコン保守小委終了)																				
計測	K ₁	温度, 温度パターン, 熱流など	5	2	4	1	2	3	2	3	1	4	3	2	3	3	0	2	3	0	1	0	1	0	2	0	0	2	1	2	1	2
	K ₂	流量, 流速, 調節弁, 圧力など	2	0	0	1	0	1	4	0	1	2	1	1	1	1	1	3	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	2	0	1
	K ₃	ガス分析, 水分, 成分, pH, 油分, 濃度, 質量分析, 環境用検知	1	1	1	1	0	2	2	1	0	2	3	3	4	0	1	1	1	3	2	4	3	5	9	5	8	3	4	1	4	5
	K ₄	成品・半成品の形状, 平坦度, 位置, 曲がり, プロファイル, 歪み, 面積など	1	0	1	3	0	1	2	4	2	0	5	2	6	0	1	3	1	0	2	1	1	2	0	2	4	1	0	0	0	0
	K ₅	疵, ビンホール, 磁気探傷, 超音波探傷, 渦流探傷, AE 診断など	3	6	2	1	6	2	3	4	5	3	1	3	1	2	3	3	1	4	4	0	2	3	2	0	1	0	3	3	2	1
	K ₆	長さ, 直線度, 厚さ, 寸法, 幅, 太さ, 距離, ロール間隔, コイル径, 周長など	1	3	3	3	6	4	1	3	0	2	3	3	1	1	2	4	2	1	3	3	1	1	3	2	3	3	3	2	3	4
	K ₇	装入物レベル, 溶融帯レベル, 湯面, 装入物プロフィールなど	1	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	0	2	5	1	0	2	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	0	1	1
	K ₈	重量, 硬さ, 組織, 測色, ゾンデ, 粗さ, 画像処理など	3	2	2	2	2	3	1	0	3	4	1	3	2	3	1	4	1	4	4	2	0	3	3	2	4	3	3	4	2	2
その他	J ₁	省力用自動化, 自動マーキング, 自動注入など	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	0	1	3	1	1	0	3	1	0	2	1	1	4	1	2	2	0	0	0	1
	J ₂	設備診断, 異常監視, 漏水検出など	1	0	0	0	2	2	0	0	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
各回小計		18	16	15	13	19	19	18	18	18	24	22	18	24	16	11	20	16	14	17	14	11	16	25	12	22	16	15	15	13	18	

員会は昭和 28 年 1 月までに 18 回の委員会を開催し、保守修理小委員会は 19 回に及んだ。審議して得られた成果は熱経済技術要覧計測編（再版以後は工業計測と改題）という単行本となつて昭和 28 年末に丸善より刊行され、他の産業の合理化にも役立つ。

5.2 計測分科会

昭和 30 年 6 月に日本鉄鋼協会熱経済技術部会が廃止となり、通産省重工業局、日本鉄鋼協会、日本鉄鋼連盟の 3 者による鉄鋼技術共同研究会が発足した。これにもない、熱計器専門委員会の仕事は新しい熱経済技術部会の中の計測分科会（主査磯部孝）に引き継がれた。

5.3 計測部会と秤量分科会

昭和 34 年 6 月の計測分科会において、秤量小委員会を設置して秤量関係の重要課題を別個に研究することが決定した。昭和 35 年にいたり、計測分科会は研究分野の拡大充実の要請に応じ、熱経済技術部会から分離して独立の計測部会となつた。昭和 36 年 2 月の第 18 回会議が部会となつて最初の会議である。これに対応して、秤量小委員会は秤量分科会となつた。昭和 38 年には、鉄鋼技術共同研究会は鉄鋼協会の傘下に入ることとなり、日本鉄鋼協会共同研究会となつた。以来今日まで、計測部会の研究は活発に進められてきた。

6. 計測部会における計測技術研究の動向

鉄鋼業の計測技術の最近の動向を見るために、昭和 49 年の第 56 回から昭和 58 年の第 85 回までの計測部会研究発表テーマを分類大別して、その件数を集計したものを表 1 に示す。計算機制御、各種制御、計装システム更新などのテーマは除外してある。左欄のキーワードの分類や各発表テーマの振り分けに、かならずしも適当でない部分があると思われるが、最近 10 年間の研究の動向を示していよう。その傾向を通観すると以下のようになる。

- 1) 温度関連の計測はたえることなく続いているが、最近の 5 年間は増加の傾向である。[K₁]
- 2) 環境保全対策がきびしくなつた昭和 50 年から 51 年にかけて、分析や環境用計測が急増している。[K₃]
- 3) 成品や半成品の品質に直接関連する計測 [K₄~

K₆] が最近多くなつている。また、スタティックな検査からオンライン計測へと急速に移行しつつある。さらに、疵などの検出 [K₅] は冷間から熱間のオンライン実施に変化しつつある。

4) 連続鑄造法や高炉操業法の改良に対応して、湯面レベルや装入物プロフィールなどの計測 [K₇] が多くなつてきた。

5) 各種計測 [K₈] の分野では、対象とするテーマが多様化し画像処理などの新技術が導入されてきた。

6) 省力用の自動化 [J₁] や設備診断 [J₂] などは、継続されてはいるが最近では頭打ちの傾向にある。

以上の動向は近い将来の計測技術の方向をも示していると考えられるが、さらに遠い将来のためには鉄鋼関連以外の基礎的・学際的な計測技術に対して不断の関心を持つことが必要であろう。

7. 結 言

大学卒業後の昭和 26 年から昭和 32 年までの 6 年間に鉄鋼会社の現場で過ごし、その後大学に戻つて今日に到つた筆者にとって、この系譜を書いて残すことは使命感に似た重さを持つていた。青年時代から今日まで、山内二郎先生、菅野猛先生、磯部孝先生からは親しく教導を受けてきた。さらにまた、熱計器専門委員会から計測部会に至る多くの委員と研究者は志を同じくする知人である。筆者は日本鉄鋼界の若い新進気鋭の研究者を念頭に置いて、伝承のためのこの拙文を書いた。歴史は未来を創るからである。

おわりに、筆者に多くの資料を準備して下さつた計測部会前幹事川口忠雄氏（新日鉄君津）と現幹事福田武幸氏（新日鉄本社）に深い感謝の念を捧げる次第である。

文 献

- 1) 菅野 猛: 計測と制御, 9 (1970), p. 531
- 2) 日本学術振興会製鋼第 19 委員会: 高温測定と溶鋼温度 (1960) [日刊工業新聞社]
- 3) 計測自動制御学会温度計測研究専門委員会: 計測と制御—温度計測特集—, 4 (1965), p. 809
- 4) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 50 回計測部会 (1972 年 3 月) 副部会長磯部孝 (私信)