

解説



K. HARAGA

接着・リベット併用による板金筐体の組立技術

原賀 康介*

1. はじめに

図1は、金属製の制御盤用筐体の一例である。このような制御盤や操作盤用の金属製筐体は、多品種小ロット生産の代表的なもので、これまでは主として手作業によるアーク溶接で組み立てられてきた。しかし、アーク溶接による組立では、熱によるひずみの発生、溶接の熟練技能者の必要性、作業環境の悪さ、製造におけるエネルギー使用量の多さなどの問題を有している。そこで、次のような目的を達成させるために、アーク溶接を全廃して接着剤とリベット(ファスナー)の併用による板金筐体の組立方法を開発した。

開発の目的:

- (1) 溶接作業やひずみ修正作業のような熟練作業を廃止する。
- (2) 溶接作業やパテ作業を廃止して作業環境を改善する。
- (3) 無ひずみ接合法(接着接合)の採用により製造工程を簡素化しコストダウンを図る。
- (4) 軽量性と高剛性を両立させる。

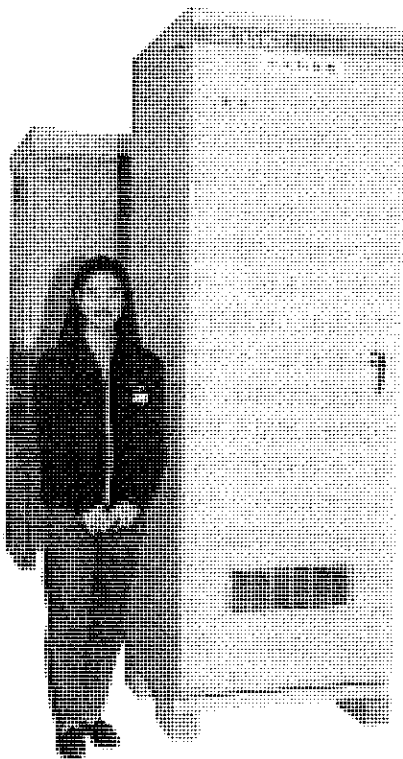


図1 金属製の制御盤用筐体の一例

(5) 製造工程におけるエネルギー消費量を低減する。

図2¹⁾は、接着・リベット併用組立法による金属筐体の構造の一例である。基本的に板金曲げのパネル構造である。

以下に、接着・リベット併用法による板金筐体組立の概要と特徴、性能と効果、エネルギー使用量の低減などについて述べる。

2. 概要と特徴

2.1 接合手順

接着・リベット併用組立法における接合は、図3に示す手順で行われる。まず、リベット用の穴がつけられた部品の接合部に接着剤を塗布して部品を貼り合わせる。次に、接着剤が硬化する前に、リベットをリベッターに装着して片面から穴に挿入してステムを引張って反対側をかきめると同時にステムを引きちぎる。

2.2 接着剤

接着剤は、2液型変性アクリル系接着剤「ハードロックM372」(電気化学工業(株)製)が使用されている。この接着剤は、優れた油面接着性を有しているので脱脂は不要で、室温で15分から20分で硬化する。ラジカル反応で硬化するため、正確な計量・混合は不要である。性能的には、せん断強度、はく離強度、衝撃強度のいずれにも優れており、

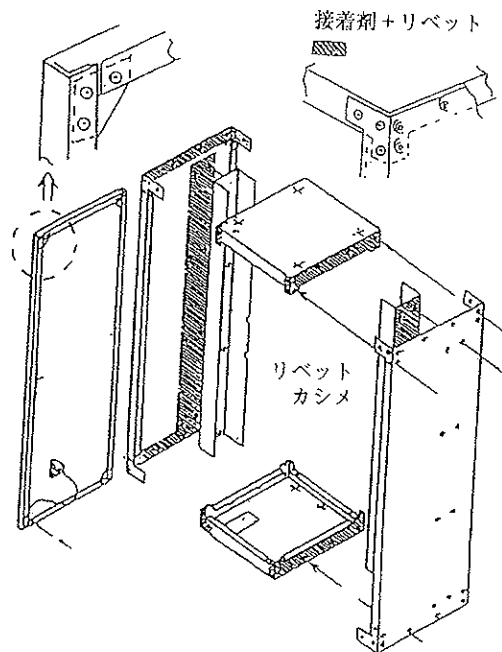


図2 接着・リベット併用組立法による板金筐体の構造の一例 (800W×800D×2300H)

原稿受付 平成13年10月3日

* 三菱電機先端技術総合研究所環境・分析評価技術部
〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1

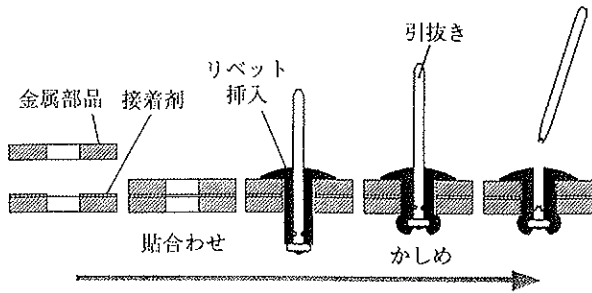


図3 接着・リベット併用組立法における接合手順

耐環境性にも優れている。この接着剤は、屋外環境ですでに20年間以上の多くの適用実績を有しているものである。

2.3 接着剤とリベット（ファスナー）の役割

接着・リベット併用組立法では、接合強度や耐久性を基本的に接着剤に依存し、接着接合の欠点をリベット締結により補い、総合的に優れた作業性と高い信頼性を両立させたものである。接着剤とリベットはそれぞれ次のような役割を果たしている。

接着剤の役割：

- (1) 接合強度と耐久性の確保
- (2) 面接合による筐体の剛性向上
- (3) シール性の確保
- (4) 応力分散による耐震性の向上
- (5) 異材接合における電食の防止

リベット（ファスナー）の役割：

- (1) 接着剤が硬化するまでの固定治具の代用
- (2) 容易で正確な位置合わせ
- (3) アースや電着塗装、電磁シールドのための電気的導通の確保
- (4) 焼付け塗装時の高温における接着部の変形や破壊の防止
- (5) はく離力による接着部の破壊の防止
- (6) クリープ変形の防止
- (7) 火災による接着剤焼失時の形状維持

2.4 製造工程

溶接組立と接着・リベット併用組立の製造工程の比較を図4¹⁾に示した。接着・リベット併用組立では接合時に熱ひずみが生じないため、ひずみ修正やパテ作業が不要となり、製造工程の大幅な合理化ができる。プレコート鋼板を使用すれば、塗装工程も全廃できる。プレコート鋼板（板厚1.6mm）は、接着・リベット併用組立用に専用に開発したものを使用している。素材の重鉛めっき鋼板と接着剤の双方に優れた接着性を有し、しかも板金加工性にも優れたポリエステル系塗料が使用されている。

3. 性能と効果

図5²⁾は、アーク溶接、スポット溶接、リベット、接着、接着・リベット併用の引張せん断強度の比較である。図6³⁾に試験片の種類と形状・寸法を示した。この結果より、接着・リベット併用接合はアーク溶接と同等の強度を有していることがわかる。なお、接着と接着・リベット併用接合の強度は同等であり、併用による強度上昇は認められない。これは、リベットの強度が接着に比べて低いことと、

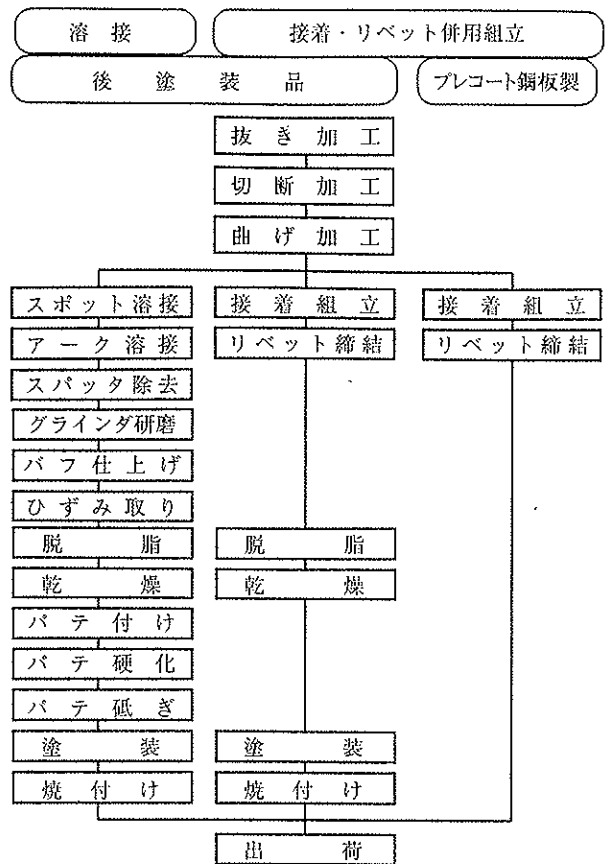


図4 溶接組立と接着・リベット併用組立の製造工程の比較

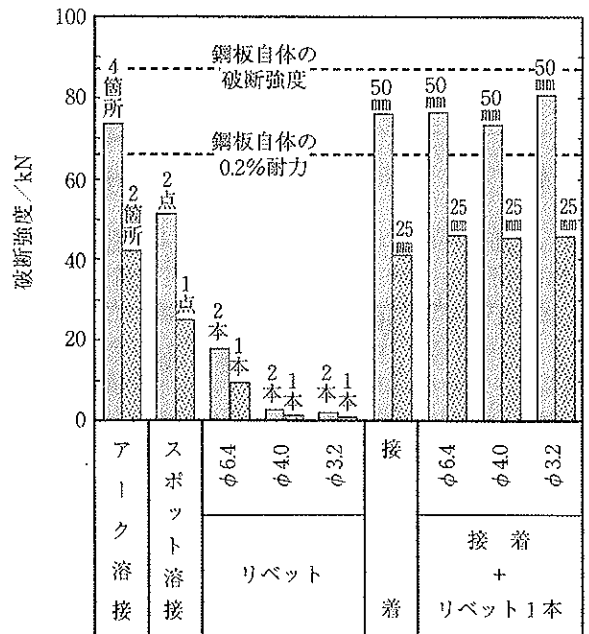


図5 アーク溶接、スポット溶接、リベット、接着、接着・リベット併用の接合強度の比較（板厚2.3mmの鋼板同士）

リベットが接着部の中央にあるためリベットに力がほとんど伝わっていないためと考えられる。

図7³⁾は、接着、接着・リベット併用（1.6t）と溶接、リベット（2.3t）の疲労特性の比較である。接着、接着・リベット併用接合は面接合で応力分散が図れるため薄板でも

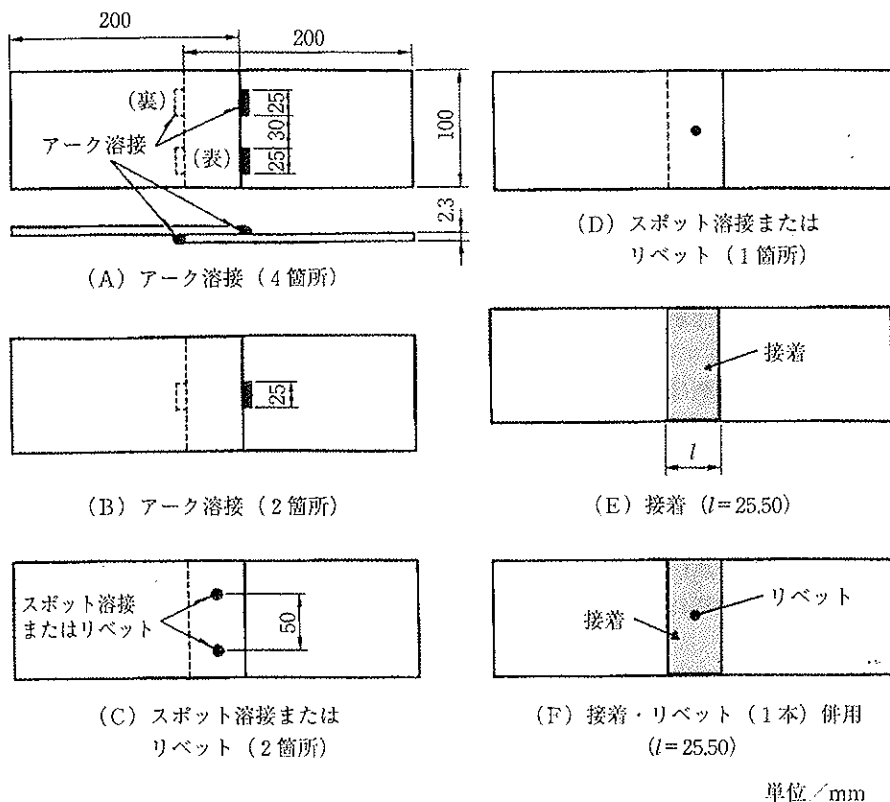


図6 接合強度測定用試験片の種類と形状・寸法

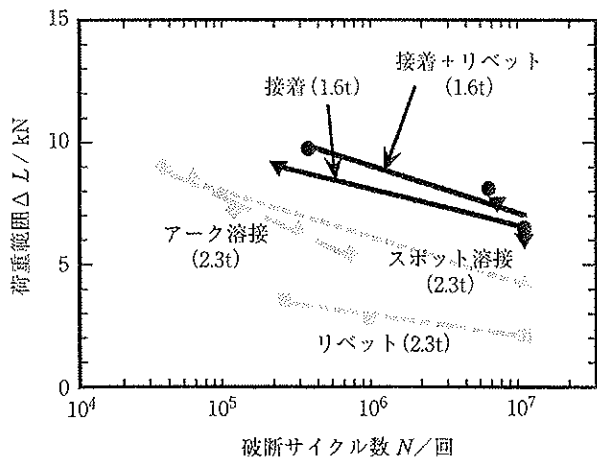


図7 接着, 接着・リベット併用 (1.6t) と溶接, リベット (2.3t) の疲労特性の比較

優れた疲労特性を示している。

表1は, 図2に示した筐体の振動試験における共振周波数である。接着・リベット併用筐体の共振周波数は溶接筐体より高くなっており, 剛性に優れていることがわかる。

表1 接着・リベット併用筐体と溶接筐体との共振周波数の比較

	加振方向	接着・リベット併用筐体	溶接筐体
共振周波数	左右	8.8 Hz	5.0 Hz
	前後	9.5 Hz	9.3 Hz
	上下	>55.0 Hz	>55.0 Hz

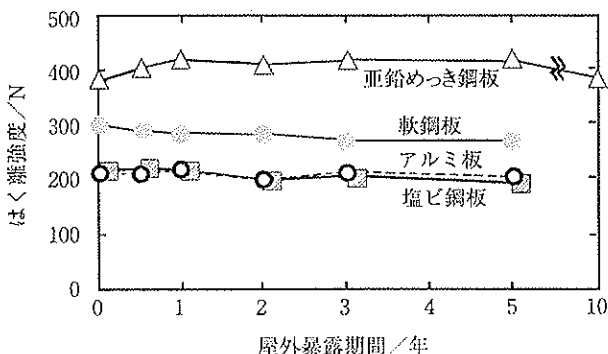


図8 各種の被着材料における屋外暴露試験結果 (接着部の幅: 25mm)

図8³⁾は, 各種の被着材料における接着の屋外暴露耐久性である。長期間屋外においても強度低下は小さいことがわかる。

表2には, 重量, 作業時間, コスト, 工期, 工場騒音の比較を示した。

4. エネルギー使用量の低減

図2に示した制御盤用筐体の製造におけるエネルギー使用量を計算した。接合方法, 材料, 板厚, 塗装は図9, 図10, 図11¹⁾に示した5種類である。板厚の低減による筐体強度の低下に対しては, 溶接筐体と同等の強度となるように構造変更により対処している。

図9¹⁾は, 制御盤製造段階 (材料受入れから出荷まで) での電力使用量の比較である。電力使用量は, 溶接から接着・リベット化することにより36%削減され, 亜鉛めっき

表2 接着・リベット併用組立による重量, 作業時間, コスト, 工期, 工場騒音の低減効果

	溶接	接着・リベット併用組立			
	鋼板	めっき鋼板	塗装鋼板		
	塗装	半塗装	塗装レス		
	3.2mm	2.3mm		1.6mm	
筐体重量	100% (246kg)	82% (201kg)	82% (201kg)	57% (140kg)	57% (140kg)
作業時間	100%	69%	53%	58%	36%
コスト	100%	80%	69%	70%	61%
工期	100%	82%	73%	73%	64%
工場騒音	98ホーン	80ホーン	80ホーン	80ホーン	80ホーン

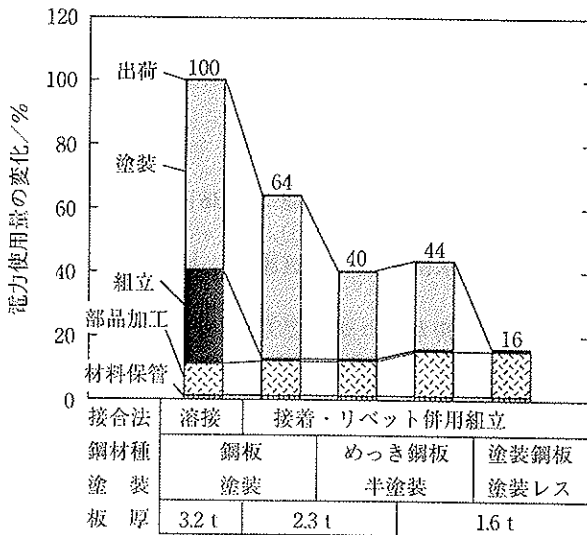


図9 筐体組立工程における電力使用量の比較

鋼板化して内面の塗装を省くことにより60%も削減されることがわかる。塗装鋼板を用いた場合には84%もの削減ができ、溶接構造のわずかに16%の電力で製造できることがわかる。内訳で見ると、接着・リベット併用法では部品組立工程での溶接の電力がゼロとなり、亜鉛めっき鋼板化するとパテ作業が不要なため塗装工程での電力使用量が大きく低減され、塗装鋼板化した場合は当然であるが塗装工程での電力使用量はゼロになっている。

図10¹⁾は、制御盤製造工場で使用される塗料・パテ焼付け用の燃料ガスの使用量の比較である。溶接構造から接着・リベット化することにより、パテの乾燥硬化が不要になるためガス使用量は半減している。塗装鋼板の場合は当然ゼロになる。

接着・リベット化、亜鉛めっき鋼板化、塗装鋼板化により、制御盤製造工場内のエネルギー使用量が低減できたとしても、素材の高機能化に伴い素材メーカーでのエネルギー消費量が逆に増加しているとすれば問題である。地球環境的観点からは原料採掘段階からの総使用エネルギーで考える必要がある。そこで、素材材料である鋼板、亜鉛めっき鋼板、塗装鋼板、塗料、パテ、接着剤について、原料(鉄鉱石、原油)採掘段階から材料完成までに消費されるエネルギー量を計算し、図9、図10に示した電力、燃料ガスのエネルギー使用量と合算して全使用エネルギーを求めた。

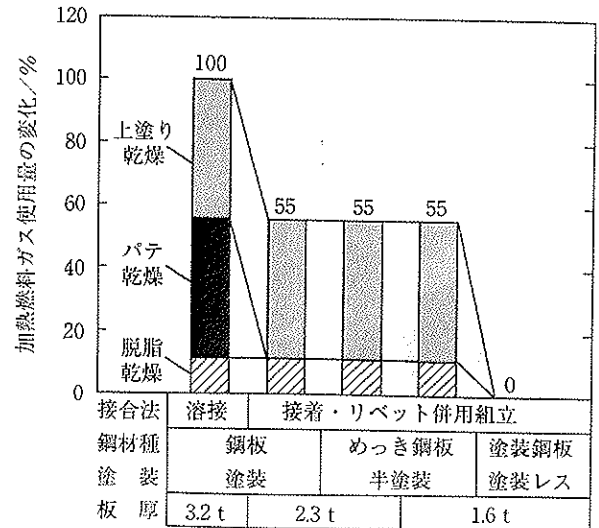


図10 塗装工程における加熱燃料ガス使用量の比較

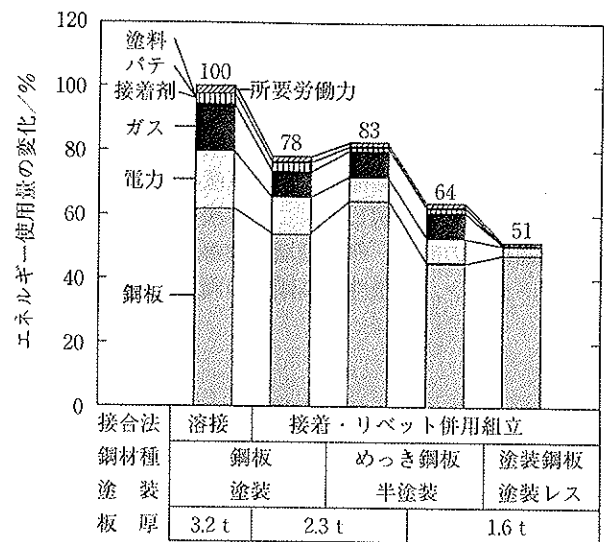


図11 原料採掘から筐体完成までの全使用エネルギー量の比較

その結果を図11¹⁾に示した。全使用エネルギー量は、溶接構造から接着・リベット化することによって78%に減少し、亜鉛めっき鋼板で薄板化すると64%に減少し、塗装鋼板化した場合には51%にまで低減されることがわかる。なお、鋼板を製造するために使用されるエネルギーは非常に大きく、さらなるエネルギー削減のためにはいっそうの薄板化が必要である。

5. 接着・リベット併用組立法の適用事例

図1、図2に示したようなパネル構造筐体の他にも多くの板金構造物の組立に接着・リベット併用法は適用されている。

図12³⁾は、500系新幹線用空調機の室内機でありアルミが使用されている。新幹線の高速化につれて機器の軽量化は重要な課題であり、FRPも使用され、アルミ/FRPの接着・リベット併用接合がなされている。接着剤の使用により、薄板でも剛性が高く、振動・疲労にも強く、低騒音の装置となっている。

図13⁴⁾は、フレーム構造筐体である。この筐体は、フレーム接合部を接着・リベット併用法に最適化することによ

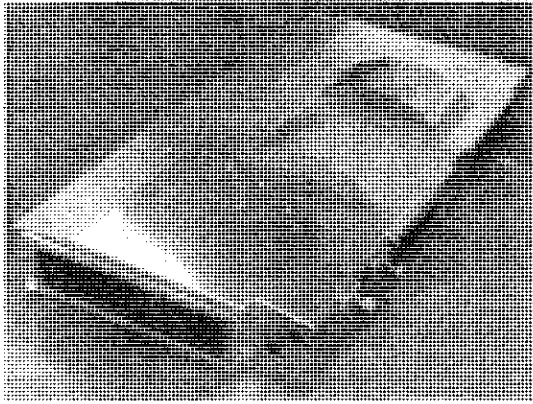


図 12 接着・リベット併用法により組み立てられた列車空調装置の筐体

り、従来の溶接筐体と同等の耐震性、強度、耐久性を有しながら、40%の軽量化と工期短縮を実現している。

6. まとめ

以上に、アーク溶接を全廃して接着剤とリベット（ファスナー）を併用して多品種小ロット生産の板金筐体を組み立てる技術について説明した。この方法を採用することにより、熟練作業の廃止、作業環境の改善、製造工程の簡素化とコストダウン、軽量性と高剛性の両立、製造工程にお

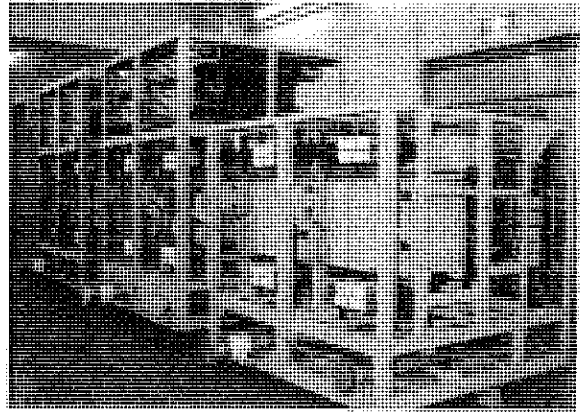


図 13 接着・リベット併用法により製造されたフレーム構造筐体

けるエネルギー消費量の低減などの効果を得ることができ、今後多くの板金構造物組立への展開が期待される。

参 考 文 献

- 1) 原賀康介・谷尚記・緑川聡：第 38 回日本接着学会年次大会講演要旨集，(2000)，7.
- 2) 緑川聡・永田一也・原賀康介：接着の技術，19-1 (1999)，85.
- 3) 三菱電機(株)カタログ“接着・リベット併用組立法「MELARS」”
- 4) 三菱電機技報，72-1 (1998)，86.