

第四章 标符试译

矢波日语反复说明用 1 个仅 34 个字的句子就可以教会汉译日语的科技文章包括数百字的长难句子。但是,到目前为止,在本书中还没有见到用矢波方法汉译的大块文章,所以矢波日语的实用性很可能受到怀疑。为此,矢波日语有意避开科普文章、一般技术资料,而从《精密工学会志》(日本精密工学会)中选取 1 篇工科学术论文、从《日本历史》(唐则铭)中选取 1 章高校文科教材、从笔者以前讲义里使用的《汉字注音会话》中选取 104 句口语材料作为矢波日语的实践对象,把它们按行分开,上标矢波杖符号,下附按矢波日语方法转换的译文,以求教于学者方家,鉴定矢波日语的适用范围。

另外,本书第二、三、五各章的练习和训练都没有附答案。这是因为矢波日语的基本方法完全包含于矢波总句之中,而总句又反反复复地说明好几遍,所以,能融会贯通矢波总句,也就掌握了矢波日语的汉译方法。特别是上述 3 章的练习、训练和第四章的文章比较起来很简单,第五章的教学训练,又有教师讲解并且可以解答学习者的疑难问题,所以附答案徒占篇幅,没有多大意义。在这种情况下,第四章就可做为自学者的练习题,标符、原文、汉译三位一体,使用起来极其方便。

由于笔者不懂所译文章的专业或者是所涉及的专业,所以译文自然难免有贻笑大方之处;另外,为了向学习者演示矢波日语的方法,遵守矢波日语的原则,通篇都用直译,自然有很多意译最好而不便追随之处。但是,这种笔者学识之不足与矢波日语方法之约束,还不至于影响学习者用矢波方法理解日语,更不妨碍理解之后把译文修改成精金美玉。

一、工科文章的标符试译

電子ビームの高エネルギー加工への応用 岩田 篤
電子束向高能加工的应用 岩田 笃

1. はじめに

1. 开头

①機械・電子部品類の加工や表面改質等の材料処理の分野で、
①在机械、电子部件类的加工和表面改质等的材料处理的领域，

電子ビームの用途として最も多いのは溶接である。②日本にお
作为电子束的用途，最多的 是焊接。 ②在日本

ける電子ビーム加工のうち、溶接の割合は9割以上と思われ
的电子束 加工 中，焊接的比例 认为是 超过9成。

③電子ビーム溶接の最大の特徴は、他の溶接法と比べて、溶け
③电子束 焊接的最大 特征，和其他焊接法相比，融合

込み深さがはるかに大いである。④そのため、厚板をワ
深度 是相当深(大)。 ④因此，对厚板

ンピスで溶接することが可能である。
用1次通过法 可以焊接。

①電子ビーム穴あけ、表面改質も実用化されている。
①电子束 开孔、表面改质也实用化了。

①加工という範ちゅうに入るかどうかが疑問であるが、電子
①是否纳入所谓加工的范畴 还是疑问，但 作

ビーム溶解として、高融点材料や、チタン等の酸化されやすい
为电子束溶解，↑高融点材料 和 钛等 也用于

金属の精錬にも用いられている。②発生する材料の蒸気を利用
容易氧化的金属の精炼。②也有利用产生的材料蒸气

用した電子ビーム蒸着法もある。③また、電子ビームキュア
的电子束 蒸镀法。③此外，作为电子束硬化

ングとして、重合、架橋などの電子ビームがもつ化学的な効果
↑重合、架桥等 的电子束 也用于利用 具有的

を利用した印刷や塗装後の硬化にも用いられ、あるいは滅菌な
化学效果的印刷和涂装后的硬化， 或者 也用于

どにも用いられている。④これらについてはここではふれない。
灭菌等。④关于这些 在这里 不涉及。

①加工分野で用いられるのは、普通、数十 keV から数
①在加工领域使用 的，一般 C↑ A↑ 从数十 keV 到

百 keV 程度のエネルギーを持つ、数 kW から数百 kW のパ
A 具有 数百 keV 左右的能量、B↑ 从数 kW 到 C 是 B 具有

ワーをもつた電子ビームである。②しかし、近年、数
数百 kW 的功率的电子束。②但是， 近年 ↑

MeV より高いエネルギーをもった電子ビームの材料処理への
比数 MeV 具有 高的能量的电子束 也进行关于

応用に関する研究も行われている。
对材料处理的的应用的研究。

①このような用途向け電子ビームの発生機は、1960 年ごろに
①面向这样的用途， 电子束 的发生机，在 1960 年前后

ドイツとフランスにおいて開発された
开发在德国和法国。

①第 6 回電子ビームとレーザによる溶接，溶解に関する国際
①↑第 6 次 在 关于通过电子束和激光进行的焊接、溶解的

会議において、ドイツ、ロシア、日本の関係者の共著で 40 Years
国际会议上， 由德国、俄罗斯、日本的有关学者共同执笔完成

of electron beam welding and material processing という発表がな
了 40 Years of electron beam welding and material processing 的

され、その時点までの電子ビーム加工の開発の歴史と使われ方
发表， 成为那一时刻之前的电子束加工的开发历史和使用方法

の良きサマリーとなっている。②それによれば、西ヨーロッパ、
的优秀的概括。②据此，↑西欧、包括俄罗斯的东欧、 在

ロシアを含む東ヨーロッパ、日本、アメリカの各地域で、これ
日本、美国的各地区

までにそれぞれ 1000 台以上の電子ビーム溶接機が出荷され、
在过去 各自 发货 1000 台以上的 电子束焊接机，

日本ではそのうち 600 台以上稼働していると推定されている。
在日本 推定为运转其中 600 台以上。

2. 電子ビーム加工の種類と特徴

2. 电子束加工的种类和特征

2.1 電子ビーム溶接

2.1 电子束焊接

2.1.1 深溶け込み

2.1.1 深融合

①電子ビーム溶接において、電子ビームは材料を溶かすため
①在电子束焊接中，电子束作为为了熔解材

の熱源としてはたらいっている。②熱源として見た場合，特徴
料的热源而工作。②作为热源看的时候，作为特征，

としては，微小な領域に，時間的，空間的に高密度なエネ
在微小的领域，在时间、空间方面把高密度的能量，往往

ルギーを，制御性よく投入できることがある。
可以控制性能良好地投入。

①電子ビームのパワー密度が十分高いと，電子ビーム照射点

①电子束的功率密度，如果很高，那么 熔融、气化电子

の材料は熔融・気化し，その蒸気圧と熔融物の重量，表面張力
束照射点的材料，因 其蒸气压和熔融物的重量、表面张力

のバランスから穴が形成される。②電子ビームは，さらにそ
的平衡 形成孔。②电子束 进一步 因为

の穴の底部に照射するので，穴は深くなり，ついには熔融
照射到该孔的底部，所以 孔 变深，最后 形成

た材料に囲まれた細く深い穴が形成される。③これを電子ビー
包围于熔融 的材料的细而深的孔。③把这叫作通过

ムによる深溶け込みという。④なお，パワー密度が十分高い
电子束进行的深融合。④此外，功率密度 如果 充分高，

ば，たとえばレーザービームなどでもこの現象は発生するが，電
例如 用激光束等，(那么)也 产生这种现象，但

子ビームによる深溶け込みは他の熱源と比べて格段に深い。
通过电子束进行的 深融合，和其它热源相比，特别深。

①深溶け込み状態で電子ビーム，または照射されている材

①在深融合 状态，把电子束 或者照射 的材

料をビームと鉛直な面内で移動させれば，前方で新しく材料を
料和射束在 铅直的面内如果 移动，那么在前方重新熔融材料，

熔融し，穴の周囲を熔融物が移動し，後方で熔融物が凝固する。
在孔的周围移动熔融物，在后方 凝固熔融物。

②2つの材料の突き合わせ面にビームを走らせれば，溶接される

②在2种材料的结合面 如果 移动射束，那么就能焊接。

③電子ビームによる深溶け込みが細く深いこと

③通过电子束进行的深融合 因为 细而深，

から，幅の狭い深い溶接部が得られる。④これは従来のアーク
所以 能得到幅度狭而深的焊接部。④这 比用以往的电弧

溶接などによる溶接深さよりはるかに深く、溶接幅は狭く、
焊接等獲得の焊接深度 远远深、 焊接幅度窄、

画期的な技術であった。⑤現在、実用的には、鋼材で200mm
是划时代的技术。⑤现在、在实用方面、用钢材可以

程度の溶接深さが得られる。
得到 200mm 左右的焊接深度。

①溶接幅は、狭ければ溶接される材料への熱影響が少なく

①①焊接幅度如果窄，那么对焊接的材料的热影响就变小，

なり溶接ひずみが軽減されるが、溶接の目はずれを起す可能
能减轻焊接变形， 但 焊接缝 引起 偏移 的可能

性も高くなる。②そのため、極端に狭い溶接部は通常用いられ
性也变大(高)。② 因此，极端 窄的焊接部 一般

ない。

不能使用。

①電子ビームの深溶け込みは、以上のような利点をもつが、
①电子束 的深融合 具有如上 的利点， 但

同時に欠点として、材料に含まれていたなどの理由から溶接部
在同时作为缺点， 由于包含于材料 的等 原因，在焊接部
で発生するガスが外部に抜けにくく、凝固時に空洞となつて残
产生 的气体 难以逃到外部， 在凝固时变成空洞而留下，

り、ポロシティと呼ばれる溶接欠陥を発生させる原因ともなる。
也成为产生称为多孔性的焊接缺陷 的原因。

①なお、深溶け込みを起さない低いパワー密度でビームを

①此外、用不引起深融合 的低 功率 密度 照射射束

照射しても材料の一部を溶かすことができ、アーク溶接などと
也能熔化材料的一部分， 和 电弧 焊接等

同様のお椀型の溶融部ができる。②用途によってはこのような
形成同样的杯型熔融部。 ②根据用途(不同)也有使用

電子ビーム溶接が用いられることもある。
这样的电子束焊接。

2.1.2 その他の特徴

2.1.2 其他特征

①電子ビーム溶接のその他の特徴としては、投入パワーの制

①作为电子束焊接的其他 特征， 投入功率的控制

御が電氣的に高精度かつ高速に行なえるので、極薄の材料や、
电气方面 因为 能高精度并且高速进行，所以极薄的材料和

熱影響を嫌う部品近くの溶接なども可能になることがある。②有名
讨厌热影响的部件附近的焊接等 也有可能。 ②作为有

な例として、かみそりの刃を鋼の厚板に立てて溶接したもののが
名的例子， 把剃刀的刀片树立在钢的厚板上 有 焊接的

ある。
例子。

- ①荷電粒子のビームなので電磁界で偏向させられる。②高速
①因为是荷电粒子的射束，所以在电磁场偏向。②如果

に偏向振動させると実質的にビーム径を大きくした効果を持
使之高速偏向振動，那么实质上把射束径具有使之变大的

たり，電子ビームが複数本あるかのような効果を出せる。
效果，或者电子束能产生像有多数条的效果。

- ③電子ビーム溶接においては，円偏向をかけることで，前述の
③在电子束焊接中，通过加以圆偏向的方法，能减少像

ポロシテイのような欠陥を減少させる。④また，円周溶接
前述の多孔性的缺陷。④此外，在圆周焊

時に，高速偏向を用いて円周上の4点を同時に溶接することで，
接时，使用高速偏向而用同时焊接圆周上4点的方法，

溶接によって生じる応力を均衡させて溶接ひずみを低減する。
均衡因为焊接而产生的应力，能减少焊接形变。

③ができる。

- ①溶接できる材料はほとんどすべての金属材料であり，異種
①能焊接的材料几乎是所有的金属材料，不同种金

金属の溶接性も優れていて，金属間化合物の生成により割れが
属的焊接性也优秀，通过金属间化合物的产生出现裂缝

入る。接合できないといった材料の組み合わせ以外には溶接可
而不能结合的材料组合以外都能

能である。②非金属材料においても一部溶接できるものがある。
焊接。②关于非金属材料也有一部分有能焊接的。

- ①さらに，酸化や窒化の少ない高品質な溶接という特徴が
①特别是具有所谓氧化和氮化少的高品质焊接的特征。

ある。②これは，通常，真空中で溶接されることに起因する。
②这一般是在真空中起因于焊接。

- ③電子ビームが空気を構成する分子と衝突して散乱するため，
③电子束与构成空气的分子因为冲突而散射，所以

真空中で取り扱う必要がある。④このことは，反面，溶
在真空中需要处理。④这一特点，(从)反面

接される材料の寸法を制限し，ハンドリングを難しくし，排気
限制焊接的材料尺寸，使处理变难，

時間が必要になる。タクトタイムを増大するという欠点と
需要排气时间，也成为增大生产节拍缺点。

もなる。

- ①また，電子ビームから材料へのエネルギー移行の効率が高
①此外，从电子束向材料的能量转移的效率高，

材料の表面粗さなどの表面状態の影響も小さい。
材料表面粗糙度等的表面状态的影响也小。

①溶接類似の技術として、ろう付があり、これの熱源として
①作为类似焊接的技术，有钎焊，作为钎焊（这）的热源，

電子ビームを使うことが可能である。②深溶け込み等の特性は
能使用电子束。②不需要深溶融等的特性，

必要ないが、微小なスポット径と高いパワー制御性から熱影響
但由于微小焊接点径和高功率控制性，把热影响范围可以

範囲を小さくできる。③複雑な形状にも高速ビーム偏向で適
（変）小，对复杂的形状也能用高速射束偏向有能够

切な熱入力を行なえ④という利点がある。
进行适当热输入的利点。

2.1.3 電子ビーム溶接機

2.1.3 电子束焊接机

①電子ビーム溶接機は、高電圧型と低電圧型に大分分ける
①电子束焊接机，大体分为高电压型和低电压型，

高電圧型は150kV程度，低電圧型は60kV程度の加速電
高电压型 A 150kV左右 B，低电压型 A 使用 60kV

圧を用いる。②歴史的に、高電圧型は電子顕微鏡のパワーアッ
左右的 B 加速电压。②历史上，高电压型是电子显微镜提高

プしたもので、ビーム径を小さくできる。③低電圧型は電圧が
功率的装置，把射束径能（变）小。③低电压型 电压

低い分、取り扱いが容易で、X線のエネルギーが低い点がメリ
低（的状态），处理容易，X射线的能量低（之点）是长处。

ットである。④溶接に関する限り、どちらの型でも支障はない
④只要是关于焊接，无论什么型号，好象都没有障碍。

ようである

①電子ビーム溶接は、溶接室の真空度が落ちてくると、ビー
①电子束焊接，焊接室的真空度如果降低，那么 射束

ムの散乱が大きくなり、溶接深さが浅くなる。②おおむね真空
の散乱 就变大，焊接深度就变浅。②大体上真空度

度が1.3Pa程度より高ければ一定の溶接深さが得られる。③も
比1.3Pa程度如果高，那么 就能得到一定的焊接深度。③

もちろん、これより低くても溶接ができないというわけではない。
当然，比这个即使低，也并不是说不能焊接。

①そこで、真空中に伴う欠点を克服するため、空気中に電子ビ
①于是，为克服伴随于真空的缺点，在空气中也开发了

ームを出して溶接する非真空型溶接機も開発され、数は多
射出电子束 焊接 的非真空焊接机，数量不多，

ないが、実用化されている。②電子銃部は電子の加速やフィラ
但 实用化了。②电子枪部，加速电子和 为了

メントを加熱する。ため真空を保持する必要がある。多段加熱钨丝， 因为有必要保持真空 所以，一边

差動排氣をしながらオリフィスを通して電子ビームを空气中進行多级差動排氣，一边 通过气孔 把电子束 射到空气

に出るものである。
中。

①材料寸法の制限などを克服する別の手段として、スライディング
①作为克服材料尺寸的限制等的其他手段， 用滑动触点，

ングコンタクトで真空度を保持しながら材料を真空室内へ、
一边保持真空度， 一边把材料 有 送进、拉出于真空室内

送り込み、引き出す方法がある。②この方法で実用化された
的方法。 ②作为用这种方法实用化的

例として CERN（欧州原子核研究機構）に設置されるミュオン
例子， 设置在 CERN（欧洲原子能研究机构） 有

ン検出器用超伝導マグネット（Compact Muon Solenoid, CMS）
用于 μ 子検出器用超伝導磁体（Compact Muon Solenoid, CMS）

の超伝導コイル線に用いた補強材溶接がある。
的超伝導线圈 线 的增强材料焊接。

①超伝導線は NbTi と銅の線材を純アルミニウムで覆って
①超伝導線 把 NbTi 和铜的线材 用纯铝 包覆。

②ところがこれだけではコイルにかかる力に耐えられ
②但是， 只用这个 因为不能承受施加到线圈上的力，

ないので，強力アルミニウム合金の補強材を溶接する必要がある
所以 有必要焊接强力铝合金的增强材料。

ある。③この溶接に図 1 略）に示すように電子ビームが用い
③在这种焊接中 在图 1 像 所示那样 使用电子束。

④寸法精度要求が 0.05mm と高く、溶接深さも 20mm
④尺寸精度要求 高为 0.05mm， 焊接深度也有 20mm

以上あり，電子ビーム溶接以外では困難な仕事である。

以上， 用电子束 焊接以外（的方法），是困难的工作。

①直径 14m，長さ 21.6m という巨大なマグネットに使う，コ
①用于直径 14m、长 21.6m 的巨大磁体， 因为是

イル状に巻く線材なので，その長さは 2600m に及ぶ。②そこで
卷成线圈状的线材，所以 其长度达到 2600m。 ②因此

溶接時間は 10 時間近くかかるので，この間電子ビームを安定
焊接时间 因为 花费近 10 小时，所以 这期间 把电子束 需要

して出し続けることが必要である。③また，真空室への入出部
连续稳定射出。 ③此外，有必要弄清楚对真空室出入部

のシールの磨耗などの問題をクリアする必要がある。
分的密封 损耗等 问题。

2.2 電子ビーム穴あけ

2.2 电子束开孔

①電子ビームによる深溶け込み時には材料内部に細く深い

①在通过电子束进行的深融合时，在材料内部形成细而深的

穴が形成されている。②電子ビーム照射を止めると，周囲の溶孔。

②如果停止电子束照射，那么

融物が穴に流れ込んで凝固するため穴が埋まるが，熔融物の一的熔融物流到孔里 因为 凝固，所以填埋了孔，但 因为

部は吹き飛ばされたりするので，浅い穴が残ることが多い。吹走了熔融物的一部分，所以 往往留下浅孔。

①より積極的に熔融物を外部に放出する手段を講じると細

①更积极地把熔融物 如果讲究 放出到外部的手段，那么

②で深い穴をあけることができる。②具体的には穴あけされる能开细而深的孔。

②具体地，在开孔 的

ワークの下にバックング材として蒸気圧の高い材料をおく。工件下面， 作为衬垫材料， 放置蒸汽压高的材料。

③ビームがワークを貫通するとバックング材を気化させ、その

③射束一貫通工件， 就把衬垫材料汽化，

蒸気圧で熔融物を吹き飛ばす。

用其蒸汽压吹走熔融物。

①電子ビームは連続ビームではなく，パルスビームを用い、

①电子束 不是 连续射束， 使用脉冲束，

穴径と穴深さは，ビーム電流とパルス幅で制御する。
孔径和孔深 用射束电流和脉冲幅 控制。

①電子ビーム穴あけの特徴は，加工速度が速いことである。

①电子束开孔的特征， 加工速度 是 快。

②最大で1秒に4000穴程度あけることができる。③穴あけ速

②最大 每（在1）秒能开4000孔左右。③开孔速度

度は除去すべき材料の量におおむね反比例するので，穴が大きい
对该除去的材料量 因为大体（成）反比例，所以

④なるにつれ速度は低下する。④また，ビームを照射する
↑孔 随着 变大，速度降低。④此外，↑只照射射束 因为

だけで穴があくので，斜め穴があけられ，割れを生じるよう
开孔，所以 能开斜孔， 对像产生裂纹那样

な材料以外のほとんどの材料に穴あけができる。
的材料以外的大部分的材料 都能开孔。

①図2（略）に穴あけ可能な範囲を示す。②小さな穴を

①在图2 表示可能开孔的范围。②

多数，高速にあけられるという特性を生かして，フィルタの製
灵活运用能多数、高速开小孔的特性，

造などに実用化されている。
实用化于过滤器的制造等。

2.3 電子ビーム表面改質

2.3 電子束 表面改質

①電子ビーム表面改質の種類としては、材料の固相変態硬化
①作为电子束表面改质的种类, **A↑** 材料的固相变态硬化

である電子ビーム焼入れ, 材料の熔融と急速凝固による組織の
的电子束 淬火、通过材料的熔融和急剧凝固形成的组织

微小化, ポーラスな表面層の緻密化, 固溶限を越えた固溶とい
微小化、疏松表面层的致密化、**A是** 目的在于超过固溶限度

った非平衡現象などを狙う電子ビーム熔融処理, 熔融処理の一
的固溶这种非平衡现象等的电子束 熔融处理、熔融处理の一
A←

部ではあるが, 凝固部分を非晶質化**を狙うとする**グ
部分, **B↑** 以非晶质化凝固部分 为目标的抛光、

レージング, 溶**した**部分に合金要素を添加**して**混合**する**電子
在熔化的部分 添加合金要素 而混合的电子

ビーム合金化, 溶**した**部分に加**した**固体を熔融**して**しま**す**
束合金化、不完全熔融添加到熔化的部分的固体

ないで, そのまま母材に混入**した**状態とする電子ビーム粒子
而原封不动地作为混入到母材的状态的电子束粒子注入,

注入, 母材が溶**けない**か, わずかし**く**溶けないようにして, 母
不熔化母材 或者 使之只溶化一点点 而在母材

材上に添加材の層を作る電子ビームクラディング等がある。
上 **B有** 形成添加材料层的电子束包层等。

①電子ビームによる表面改質の具体的な方法は, 上記のい
①通过电子束进行的表面改质的具体方法, 在上述的任何

れの改質法においても同**じ**。②改質したい部分に, 適
的改质法中 都同样。②在想要改质的部分, 把适

な強さと形の電子ビームを, 適当な時間ただ照射**して**, すぐ止
当强度和形状的电子束, 只照射适当的时间 而

めるだけ**で**。③材料を添加**する**改質の場合は, 事前に改質
马上停止。③添加材料的改质的时候, 在事前在想要改质

したい場所に添加材料をおい**て**か, フィーダを使**って**電子
的场所 放置添加材料, 或者 使用进给器, 而和照射

ビーム照射と同時に熔融池に加**える**。④大**きな**面積を改質**する**
电子束 在同时添加到熔融池。④在改质大面积 的

ときには, 電子ビームを照射**しながら**, 電子銃あるいは改質
时候, 一边照射电子束, 一边 移动电子枪或者改质

する材料を移動**する**。
的材料。

①熱的な表面改質では, 通常加熱とともに冷却が必要**である**。

①在热表面改质中, 通常与加热的同时 需要冷却。

②しかし, 電子ビーム表面改質においては, 通常, 冷却装置は

②但是, 在电子束表面改质中 通常, 不设置冷却装置。

設けられない。③電子ビームの照射された改質部分以外の材料

③電子束照射の改質部分以外の材料、

は、冷えた状態なので、熱伝導による冷却が自動的に行われる。
因为是冷的状态，所以 自动进行通过热传导的冷却。

④各種解析によると、この冷却速度は、通常、きわめて速い。

④根据各种解析， 这种冷却速度 通常 极快。

⑤そこで、焼き入れが可能である。

⑤因此， 能淬火。

①電子ビームによる表面改質の特徴としては、まず、改質が

①作为通过电子束进行的表面改质的特征， 首先是局部

局部的に行われることである。②パワー密度が高いので、熱伝
进行改质。 ②功率密度因为高，所以 通过

導で熱が逃げより速く熱を供給できる。③そこで、表面の比
热传导比散热迅速 能 供给热。 ③这样， 能只加热

一ム照射点付近のみが加熱できる。④この結果、改質部分の材
表面射束照射点附近。 ④这一结果，能得到兼具改

料特性と母材特性とを合わせ持った材料が得られる。⑤さらに、
质部分的材料特性和母材特性 的材料。 ⑤特别是

材料表面全体を同じように改質した場合と比べて、材料全体
和 同样改质材料表面全体的情况 相比，把作为材料

としての改質によるひずみを小さくできる。⑥また、添加要素
全体 的改质 的形变， 能（控制得很）小。⑥此外，关于

を用いる改質については、添加する材料の節約ができる。⑦特
使用添加要素的改质， 能节约添加的材料。 ⑦特别是

に供給不安定であったり、高価な材料を添加する必要がある
供給不稳定、 在 有必要添加高价材料 的

場合に有効である。
时候 有效。

①次に改質速度が速いことがあげられる。②通常、数十秒

①（在）其次，改质速度能举出快的特点。②通常从数十

から数分で改質が終る。③従来の油焼入れなどと比べると、
秒到 用 数分钟完成改质。③与以往油淬火 等 比较，

瞬時に焼入れできる。④そこで、改質工程をラインに組み込む
在瞬间完成淬火。 ④因而， 把改质工序能组装到生产线。

ことができる。

①このほか、電子ビームの特徴として、直線状の電子ビーム

①此外， 作为电子束的特征， 如果是能照射直线形的

を照射できる場所なら、複雑な形状でも、表面改質可能である。
电子束 的地方，那么 即使复杂形状也 能表面改质。

②逆に目に見えない陰の部分、細長い円筒の内部等は改質
②反之在肉眼不能看见的阴影部分、细长圆筒的内部等

できない。
不能改质。

①また、溶接と同じで、電子ビームの出力やビームの照射位
①此外，与焊接同样，因为能电控电子束的输出和射束的

置を電氣的にコントロールできるので、精密、高速なコントロ
照射位置，所以能精密、高速控制。

ールが可能である。②このため、表面改質位置や表面改質深さ
②因此，表面改质位置和表面改质深度

が、精密かつ高速にコントロールできる。③そして、原則
能精密并且高速控制。③而且，作为原则，

として、真空中で表面改質することが必要である。④そのため、
↑在真空中需要表面改质。④因而，

酸化、窒化等の悪影響が少く、クリーンな表面が得られ
氧化、氮化等的负面影响小，能得到清洁表面。

⑥反面，材料寸法に制限があり，ソーリングが厄介である。排
⑥反之，在材料尺寸上有限制，工艺装备麻烦，

気時間が必要である。⑥また，蒸気圧の高い元素の含有量
需要排气时间。⑥此外，往往减少蒸气压高的元素的含量。

が減少することがある。

①エネルギー効率が非常に高い、省エネルギー型の表面改質
①能量效率非常 高的，是省能量型的表面

法である。②電気から電子ビームへの変換効率は90%以上と高
改质法。②从电气向电子束的变换效率为90%以上，是高

効率である。③さらに，材料表面での反射も少ない，電子ビー
效率。③特别是，在材料表面的反射也小，电子

ムのもつエネルギーの大部分が材料に投入される。
束具有的能量的 大部分 都投入到材料。

①電子ビームによる表面改質においては，溶接のように深溶
①在电子束的表面改质中，↑像焊接那样 不大

け込みが要求されることはあまりなく，ビームの断面内のパワ
要求深融合，射束断面内的功率分布

一分布や，材料表面上の場所に対するパワー配分などが重要
和对于材料表面上的场所的功率分配等变为

となる。②このため，電子ビームの偏向が大なる役割を受け持
重要。②因此，电子束的偏向往往担负很大作用，

②ことが多く，コンピュータに制御されていることが多い。
被计算机 往往 控制。

① 電子ビームの横断面内のパワー分布は，通常ガウス型
① 电子束 横断面内的功率 分布 通常 因为是

であるため、電子ビームの中央部が当たった所と、周辺部が
高斯型；所以 ↑電子束 中央部照射的地方和周辺部 在

当たった所で、投入パワーが異なり、不均一な加熱となる。②
照射的地方 投入的功率不同， 变为不均一加热。 ②

これを避けるためには、偏向を利用して、電子ビームを
为了避免这（种情况） 利用偏向， 高速振动电子束，

高速に振動させ、あたかも、より均一なパワー密度分布を持つ
就像 使之具有更均一的功率密度分布

た電子ビームのようにする。③これによって、見かけの電子ビ
的电子束一样。 ③据此， 把表面的电子束

ームの断面形状を長方形や円などある程度自由に変わらせる。
的断面形状， 能一定程度自由地变为长方形或圆等。

④また、単に均一にするだけでなく、目的に応じて見かけの
④此外， 不仅仅使之简单均一， 根据目的（不同）

パワー密度分布を変化させられる。
能变化表面的功率密度分布。

①このようなアナログ方式に対して、デジタル的に偏向する方
①相对于这种 模拟 方式， 也有 数字式 偏向 的方

式もある。②すなわち、電子ビームをある点で短時間照射し、
式。 ②即 把电子束 在某一点 短时间照射，

次の位置まで高速に移動し、そこでまたある時間照射する、
高速移动到下面的位置， 在那里 再 照射一定时间，

という繰り返しをする。③これによって、見かけのビーム断面
进行这一反复。 ③据此， ↑对表面的射束断面

形状の中を照射点で埋めることができる。④照射時間を
形状的中间， 用照射点 能 填埋。 ④在略长掌握照射时间

長めにとった点では投入パワーが大きくなるし、短めの点では
的点上 投入功率 变大， 在略短的点上

投入パワーが小さくなる。⑤照射点の位置と照射時間を
投入 功率 变小。 ⑤通过编程照射点的位置和照射时间，

プログラムすることで、見かけのビーム断面形状とパワー密度
把表面的射束 断面形状和功率密度

とを、アナログ方式よりもさらに自由に变化させられる。
通过模拟方式 也 能 更自由地变化。

①なお、電子ビーム表面改質機は、電子ビーム溶接機が
①此外， 电子束 表面改质机， 大体原样使用电子束

ほぼそのまま使用されている。②特に表面改質用のマシンとさ
焊接机。 ②特别是作为表面改质用的机器，

れているものは、上述のように電子ビームの偏向系に工夫が凝
像上述那样， 在电子束的偏向系统上 下工夫。

らされている。

- ①電子ビーム焼入れはトラック用ディーゼルエンジンのS
①電子束 淬火, 适用于运货汽车用柴油机的S

CM435H材タペットに適用され, 電子ビーム合金化は小型デ
CM435H材質阀门, 電子束合金化, 在小

ディーゼルエンジン用アルミニウム合金製ピストンの, ピストン
型柴油机 用铝 合金制 活塞的 活塞

リング溝部周辺に銅を合金化したという実用例がある。
環沟部周边上, 把铜 有 合金化的实用例。

3. 電子ビーム加工の興味深い研究動向

3. 電子束加工的兴趣浓厚的研究动向

- ①近年の電子ビーム加工に関する研究・開発の中から, 興味
①从关于近年的电子束加工 的研究、开发中,

深いと思えるものを選び概観する。
选择认为兴趣浓厚的项目 简略说明。

- ① 真空を必要とするというところが電子ビーム溶接の広い
①以真空为必要, 从 妨碍在电子束焊接的广泛

分野での利用を妨げるという観点から, 非真空型電子ビー
领域的利用 的观点(看), 非真空型电子束

機の開発や, その加工への応用に関する研究・開発が, 特に
机的开发和 关于对其加工的应用 的研究、开发 主要

ドイツを中心にしてなされている。②真空外では溶接深さも小
以德国 为中心 进行。 ②在真空外, 焊接深度也

さになるが, それでも深溶け込みは可能である。③また, 一般
变小, 但 尽管如此 也可以深融合。 ③此外,

に非真空型は出力が大きいので, 溶接速度が高速になる。

①一般非真空型輸出因为大, 所以 焊接速度变为高速。

①溶接材料の真空による寸法制限をなくす目的で, 非真空型
①在消除由焊接材料的真空造成的尺寸限制的目上, 与非真空

とは異なり, 溶接する材料を真空室の一部に使用するという, ユニ
型不同, 把焊接的材料 有 用于真空室的一部分的,

一な可搬型電子ビーム装置の提案がある。②底のない真空室
独特的可移动型电子束 装置の提案。 ②把没有底的真空室

をテフロンガasketを挟んで溶接する材料を押しつけ吸引
挟上特氟纶衬圈 而 使之按压吸引焊接的材料。

③せ。③溶接しながら真空室を材料上で牽引する。④溶接ビ
③一边焊接一边把真空室在材料上牵引。④焊接溅珠 因为

一が材料表面上に出るのでこれを避ける工夫が重要である。
落到材料表面上, 所以避免这种情况的方法很重要。

① 電子ビームの加速電圧を高くとると, 材料に衝突し

①如果提高电子束的加速电压, 那么在材料上冲突

たとき何が起こるか、それは加工という目的に良いのか悪いのか
時 発生什么呢？ 那 对加工这一目的 好 或者坏

かということは学問的興味としてある。②近年、いくつかの高
留作学問上の興味。②近年、进行了使用几条

い加速電圧の電子ビームを用いた加工の研究が行われている。
高加速電圧の電子束 的 加工 研究。

③溶接、焼入れ、合金化、衝突硬化、溶融処理、クラッディング
③用于焊接、淬火、合金化、冲突硬化、熔融处理、包镀、

グ、グレージングに用いられている。④いまのところ、従来の
抛光。④现阶段、和以往的

加速電圧の加工と比べ、質的に大きな違いがあるという報告は
加速電圧の加工 比较、↑質的方面、好象没有看到 有大的

見あたらないようである。
差异的报告。

① 加工される材料という点からみると、最近使用量が増え

①从加工 的材料这一点看， 最近使用量 正在

つつあるが、溶接はほとんど行われていないマグネシウム合金
増加，但 ↑焊接几乎 关于 不能进行的 镁合金，

については、電子ビーム溶接の研究発表もぼつぼつ出ていて
也零星地看到（出来）发表电子束焊接的研究。

る。②前述のポロシティが出やすいことが問題の一つである。
②容易出现上述的多孔性 是问题之一。

①これまでの電子ビーム加工は、電子ビームのエネルギーを
①以前 的电子束 加工， 以电子束 的能量

熱エネルギーとして材料に与えるものであった。②電子ビーム
作为热能 给与材料。② ↑像电子束硬化

キュアリングのように熱エネルギー以外の形で加工に使った
那样， 以热能以外的形式 有主张 用于加工

と主張する研究がある。③それによれば、工具用超硬合金に電
的研究。③据此， 在工具用超硬合金中

子ビーム処理を行うと、空孔の減少、焼結粉末に起因する粒界
若进行电子束处理，则 ↑减少空孔、消灭起因于烧结粉末的粒界、

の消滅、新しい W-C-Co 相の生成が起り耐摩耗性及び耐熱性
产生 生成新的 W-C-Co 相（等效果），提高耐摩耗性和耐熱性。

が向上する。④この効果は通常の加熱では得られず、電子ビー
④这一效果 在通常的加热中不能得到，通过

μ照射効果によって発生する。⑤この原因として、電子ビーム
电子束照射效果 而产生。⑤作为这一原因， ↑电子束照射

照射が材料平衡成分、拡散反応速度及び核生成の変化を起す
认为引起材料平衡成分、扩散反应速度以及核生成的变化。

と考えている。

4. おわりに 4. 結尾

①電子ビーム加工には、レーザ加工という強力なライバルが
①在电子束 加工中， 有激光加工这一强有力的竞争对手。

ある。②溶接ならば鋼系材料の薄板溶接のように、レーザで
②如果是焊接，那么像钢系统材料的薄板焊接那样，能用激光
できるものはレーザでという方向である。③非真空中加工でき
的 是用激光 的方向。 ③用非真空能加工

ることと，出力が小さいとレーザ機器の方が安価であるがそ
和 輸出 如果 小 那么激光器（的方面）便宜

の理由である。④一応住み分けしているが，その境界は流動的
是其原因 ④大体上各立门户， 但 其界线 是流动的。

である。⑤レーザ溶接は溶接深さを拡大しているし，いままで
⑤激光焊接 扩大了焊接深度， 在以往

レーザの独擅場であつたろう付に電子ビームが進出している。
激光 的独占舞台 的 钎焊中， 电子束打进去了。

①競争の中から，技術的な高度化がはかれつつあるう

①从竞争之中， 因为能够衡量技术方面的高度化，

から，これは歓迎すべきう。②何しろ，電子ビーム
所以 这应该欢迎。 ②总之，无论电子束，

にせよ，レーザにせよ伝統的な加工法からみれば，まだまだわ
还是激光， 从传统的加工法看， 还 因为

ずかしが使われていないのだから。
只使用了一点点。

（摘自《精密工学会志》2001—9；图表略）

原文

電子ビームの高エネルギー加工への応用 岩 田 篤

1. はじめに

①機械・電子部品類の加工や表面改質等の材料処理の分野で、
電子ビームの用途として最も多いのは溶接である。② 日本に
おける電子ビーム加工のうち、溶接の割合は9割以上と思われ
る。③電子ビーム溶接の最大の特徴は、他の溶接法と比べて、
溶け込み深さがはるかに大きいことである。④そのため、厚板
をワンピスで溶接することが可能である。

①電子ビーム穴あけ，表面改質も実用化されている。

①加工という範ちゅうに入れるかどうか疑問であるが，電子
ビーム溶解として，高融点材料や，チタン等の酸化されやすい
金属の精錬にも用いられている。②発生する材料の蒸気を利用
した電子ビーム蒸著法もある。③また，電子ビームキュアリン
グとして，重合，架橋などの電子ビームがもつ化学的な効果を
利用した印刷や塗装後の硬化にも用いられ，あるいは滅菌など