



メカトップ関東

日本機械学会関東支部ニュースレター No.35 2014.1.5発行

自動運転の実現を目指した要素技術

—— 車載カメラ画像から走行環境中の構造物を検出する ——



山梨大学工学部 孕 石 泰 文

はじめに

最近、自動運転の自動車の話題を見ることが多くなりました。自動運転はインフラ協調型と自律型に分けられ、自律型の自動運転車は1970年代から研究が始まりました。現在では自動車メーカーやサプライヤのみならず、IT企業のGoogle社も研究・開発していることはよく知られています。また近年では各種センサ・コンピュータなどの高性能化に伴い、実用化を目指した技術検証・研究となっています。

自動車の前方あるいは周囲の走行環境を認識するためのセンサにはレーダ、超音波、あるいはビデオカメラなどがあり、コスト・性能などそれぞれ一長一短があります。ビデオカメラは既に多くの市販車に装着され、バックモニタとしてあるいはレーンキープ・衝突防止などの運転支援技術として活かされています。しかしカメラ画像にもまだまだ弱点があり、現在の技術のまま自動運転で用いるには不安があります。それを克服するために行っている研究の一例を紹介します。

画像による走行環境認識技術

車載カメラ画像を用いて走行環境を認識するときの手順を図1に示します。最初に車載カメラから画像を取得し、次にその画像から特徴を抽出します。特徴には図に示した物体の境界線を抽出するエッジ特微量や、物体の大まかな形状を表現可能なHOG特微量(Histograms of Oriented Gradients)などがあります。

続いて特微量に応じた認識・識別方法を用いることにより、白線や、他車両、ガードレールや街路灯などの対象物が画像中のどこにあるのかを認識します。これらの処理から得られた情報を元に対象物と自車両との位置関係を計算したり、車両を制御したりすることになります。

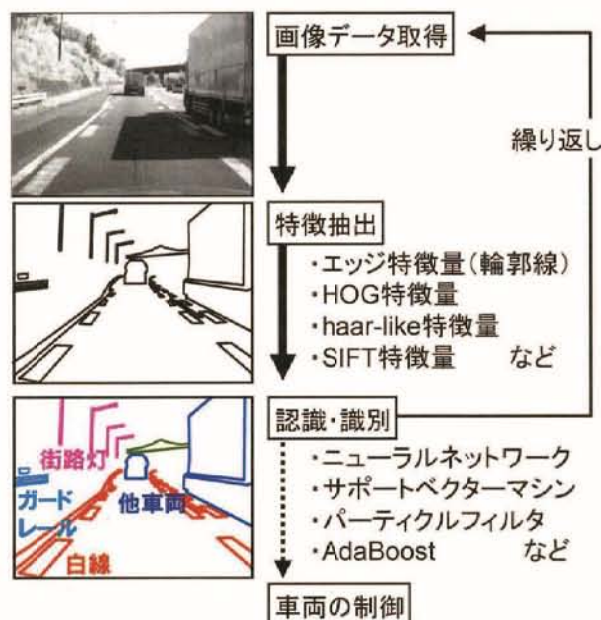


図1 走行環境認識のための画像処理フロー

従来のエッジ検出法の問題点

特微量としてエッジ(境界線)を抽出する場合、図1に示したように、対象物のエッジのみを抽出できるこ

とが理想です。しかし従来のエッジ検出法では、画素単位の輝度差(明暗の差)に閾値を設定してエッジか否かを判定するため、単純に輝度差が大きいたくでもエッジと判定されてしまう場合があります。このように検出したい対象物の境界線を表す「真のエッジ」以外のエッジを「ノイズ」と呼び、ノイズを検出せずに真のエッジのみを検出する技術はとても大切です。

従来のエッジ検出法の一例としてCannyフィルタによるエッジ検出の結果を図2に示します。この方法では前処理として画像を平均化し、さらにエッジか否かを決定する閾値を設定しており、ノイズに強いエッジ検出法としてよく使われています。しかし選んだ閾値の大きさにより、画像中に真のエッジ以外のノイズが多く含まれてしまい、最適な閾値の設定には試行錯誤が必要となります。仮に最適閾値であってもノイズが残る場合もあります。

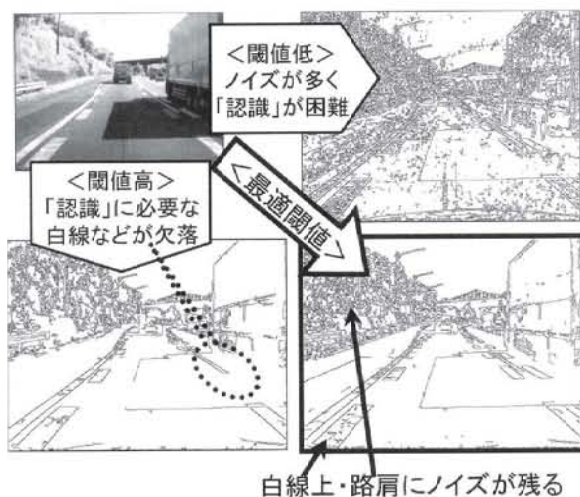


図2 従来のエッジ検出法の問題点

■提案手法とその結果

そこで対象物の境界線上には、同じような大きさの輝度差が同じ方向に並ぶという事実に着目しました。図3に示すように、認識したい対象物、例えば道路白線を拡大すると(図3右)、その境界線上には同じ方向を向いた輝度差が群れをなして存在しています。

さらに図3右中の赤枠を拡大し、画素単位で表示したイメージを図4に示します。まず図4右の4つの画素の中心を基点とし、2つの対角方向にある画素の輝度差から輝度勾配ベクトルを計算します。

次にある1点の輝度勾配ベクトルに対して、その周りの輝度勾配ベクトルとの内積を計算します。内積はベクトルの大きさが大きく、方向が同じならば、その

値は正の大きな値となります。ある1点が真のエッジ上ならば、周囲の輝度勾配ベクトルの方向が揃っているので、内積の総和は大きな値となります。逆にその点の輝度差が大きくても、周りとの方向が揃わないノイズのような時には、内積の総和は小さくなります。この内積の総和をエッジ特徴量とし、すべての点に対して内積の計算を行います。

上に述べたエッジ特徴量を使ってエッジ検出を行った結果を図5に示します。図2右下の結果と比較しても図中の③部の路肩や道路白線上などではノイズの大幅な減少が見られます。また図2左下のように白線が欠落することなく、⑥のような図中のガードレールや街路灯などの人工物の輪郭線がきれいに検出できるようになりました。

今後はカラー画像への拡張、ここで記した特徴抽出の後処理にあたる認識・識別手法との組み合わせを検討していきたいと考えています。

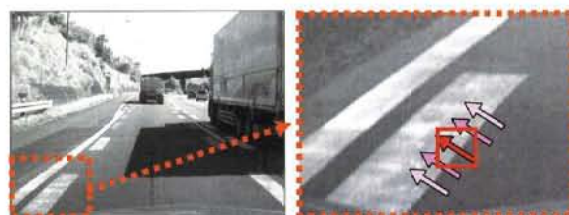


図3 境界線の輝度勾配ベクトル群

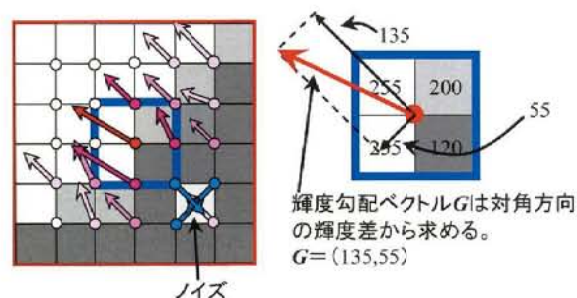


図4 輝度勾配ベクトルの定義

図4 輝度勾配ベクトルの定義

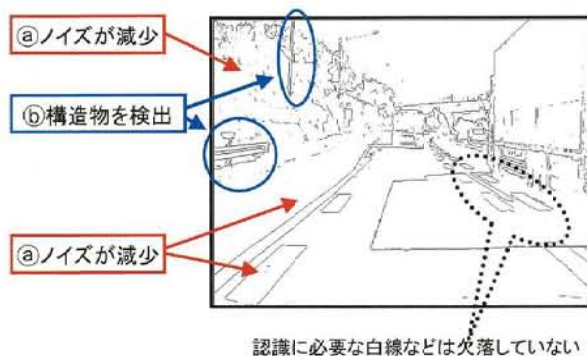


図5 提案手法によるエッジ検出結果

東京
ブロック

“ねじ”って案外大事なの知ってる？

芝浦工業大学 橋村 真治

皆さん！“ねじ”と聞いたとき、それが機械にとって重要な部品だと思いますか？ ほとんどの人は、「えっ、ねじって、机や棚を留めているねじでしょう？」って思うのではないのでしょうか？ ねじは、「たかが、ねじ、されど、ねじ」と言われるように、実は意外に奥が深く、機械工学において重要な機械要素の一つなのです。

ねじの歴史を振り返ると、アルキメデスが揚水用のねじを初めて発明したなど諸説ありますが、日本には鉄砲と共に種子島に伝わったと言われています。ねじは、まさに機械と共に産声を上げ、機械と共に進化してきた大事な機械要素なのです。

さて、“ねじ”と言ってもいろいろなねじがあります。大きく分けて、“締結用ねじ”と“送り用ねじ”があり、図1に示した写真は、イタリアのワイナリーで昔に使われていた葡萄つぶし機です。これには、大きな“送り用ねじ”が使用されています。現在、私が研究対象としているのは、“締結用ねじ”です。まさしく、皆さんが想像する「机や棚を留めている“ねじ”！」です。ただ忘れちゃいけないのは、ねじは机や棚を締結するだけでなく、自動車や鉄道、航空機など、繰返し振動を受けるような機械にも多く使用されており、使用される箇所によって、求められる性能が大きく異なるということです。すなわち、ねじのゆりみや破損が、機械を安全に使用する上で問題となるのかもしれないのが、使用上や研究上の重要な課題なのです。

ここでは、ねじのゆりみや破損が、安全上“問題で

ないねじ”と、“問題であるねじ”についてお話することにしましょう。ねじの破損が、安全上の問題となるかならないかは、取扱う品物や取扱う箇所によって異なります。一般に、我々が日常生活でよく目にするねじは、ほとんどの場合、“安全上問題とならないねじ”だと思います。すなわち、ねじがゆるんだり壊れたりしても、人が怪我したり、命が奪われたりしない“ねじ”です。だから、皆さんの一般的なねじへの認識は「たかが、ねじ」となるのだと思います。

では、ねじのゆりみや破損が、安全上“問題であるねじ”とは、一体どんなねじでしょう？ それは、まさにねじが壊れると、人や機械に危害を及ぼすねじです。近年、ねじの疲労破壊に起因した重大事故が報告されていますが、科学技術が発達した現在でも、機械の信頼性をねじが左右している箇所は意外に多いのです。

このような“ねじ”を設計する場合、そのねじで締付ける部分（締結部）に、どのような力や振動が加わるかを予め想定し、その力に耐えるように設計を行います。これは、機械部品の強度設計と全く同じです。しかし、ねじが他の機械部品と大きく異なる点は、実際に使用するとき、“締付け”という作業を行う必要がある点です。この締付け作業の良し悪しが、ねじ締結部の強度を大きく左右します。ねじを締付ける場合、ねじやボルトは板や部品を締付けると同時に、その長さ方向（軸方向）に引っ張られます。この力を“締付け力”と言います。ねじ締結にとって重要なのは、この締付け力を如何に設計上決められた値で締付けるかです。たとえば、しっかりと設計を行っていたとしても、締付け力が不十分な場合には、ねじはゆるみ易く、また疲労破壊の危険性も増加します。逆に、十分な締付け力で締付けた場合には、ねじはゆるみ難く、また疲労破壊の危険性も低下します。したがって、ねじの性能を最大限に引き出すためには、振動を受けても、ボルトが永久変形（塑性変形）しない最大の締付け力で締付けるのが一番なのです。こんな“ねじ”ですが、まだまだ分からないことばかりです。ねじに起因した悲惨な事故を無くすために、一人でも多くの仲間と、一生懸命に研究していきたいと思っています。

皆さん、“ねじ”って意外と複雑でしょ！ そう思ったら、もう一度自分が座っている椅子のねじを締め直してください。



図1 ワイナリーで使用されていた葡萄つぶし機

神奈川 ブロック

振動・騒音対策における“決断”

— 技術・経営の両面からの支援 —

神奈川県産業技術センター 伊 東 圭 昌

1. はじめに

神奈川県産業技術センター（産技C(図1)）は、全国に設置された公設試験研究機関⁽¹⁾の一つであり、おもに県内中小企業を中心とする技術開発のパートナーとして、技術相談、試験研究などの支援を行っている。著者は、産技Cにおいて、主に振動・騒音に関する技術分野に携わっている。同時に、当学会「機械力学・計測制御部門」の活動を通じて、大学・企業研究者との交流を深め、産技Cを利用して頂く企業からの幅広い技術課題に対応できるよう心掛けている。

本稿では、産技Cにおける振動・騒音に関する技術支援を紹介するとともに、著者が取り組む技術・経営の両面からの支援について紹介する。

2. 産技Cにおける振動・騒音に関する技術支援

産技Cに寄せられる振動・騒音に関する技術相談などの多くは、「外部からの振動に自社製品が耐えられるか?」、「自社製品の振動・騒音が規定値以下であるか?」などであり、おもに振動試験、振動・音響測定など「依頼試験」により対応している。

一方、「振動・騒音を小さくしたい」という場合、状況によっては技術的側面だけでは解決できない。その理由として、「対症療法的な対策でよいのか?」、「抜本的に対策するのか?」という“決断”が必要とされるためである。さらには、振動・騒音の低減目標、性能、形状などの技術的な制約条件、対策費用など、技術だけでなく経営的な観点からの“決断”が必要とされる。このことが、製品レベルにおける振動・騒音対策を難しくする原因となっている。

3. “決断”～騒音対策事例の紹介～

T社では、工場敷地境界付近に設置された複数台の機器の騒音対策が急務であった。一般的には、防音、吸音などの騒音対策技術が用いられる。しかしながら、

数百万円の騒音対策費を投入しても、数dB程度の低減しか見込めなかった。著者らは、代替案として、騒音源である機器の工場内への移設を提案した。実現には、工場内壁の撤去、工場内の機器配置の変更、遊休施設の再利用など、数々の課題とともに、当初案と同等以上の費用が見込まれた。最終的には社長が代替案を“決断”した。抜本的な騒音対策の実現により、24時間操業が可能となった。その結果、売上げ増につながり、対策費用も短期間で回収できた、とのことである。T社の事例は、まさに専門技術と経営判断との連携によって実現した成功例であると言える。

4. “決断”～技術・経営の両面からの支援～

振動・騒音を抜本的に対策するためには、製品開発と同様の判断が必要となる。たとえ、最先端の技術を駆使して最高水準の振動・騒音対策を実現しても、「(市場が)必要としない」ならば、単なる過剰投資にすぎない。すなわち、技術を支援することが必ずしも企業を支援することにはつながらない。

したがって、技術的な目標設定と同時に、工数、工程管理、開発期間、原価設定、資金繰り、損益分岐など、経営的な判断が重要となる。事例ごとに状況は異なるものの、技術と経営との連携がスムーズであること、かつ“決断すべき人”による“決断”が明確であることが、好結果につながるが多い。

5. おわりに

著者一人で、技術・経営の両面から支援することは、到底、不可能であり、各分野の専門家との緊密な連携が不可欠である。著者は、各地域に設置された中小企業支援センター⁽²⁾の経営専門家などと連携し、「この対策にどのくらいの資金を投入してよいのか?」、「現状の経営状況で対応は可能か?」、「対策後、費用の回収は可能か?」など、技術と経営との観点から、どの場面においても必要とされる“決断”を“決断すべき人”とともに考え、具現化するプロセスに取り組んでいる。今後とも幅広い企業支援に臨む所存である。

参 考

- (1) 全国公設試験研究機関リンク集、<http://unit.aist.go.jp/cd/ci/wholesgk/link/kousetsushi/kousetsushi.htm>
- (2) 都道府県等中小企業支援センター、http://www.chusho.meti.go.jp/soudan/todou_sien.html



図1 神奈川県産業技術センター・ホームページ

埼玉 ブロック

クォータ制を活用したものづくり教育

ものづくり大学技能工芸学部製造学科 松本 宏行

1. はじめに

著者の勤務しているものづくり大学は、映画「のぼうの城」で話題になった忍城をはじめ、古代蓮、さきたま古墳などで有名な埼玉県行田（ぎょうだ）市にキャンパスをおく2001年に開学した4年制の私立大学である。技能工芸学部のもとに製造学科と建設学科の2学科からなる実学一体の「実践的なものづくり教育」を実施している。授業の特色の一つとして、1年を4つの授業実施期間に分ける「クォータ制」がある。この稿において、「クォータ制」に関連する特色や事例についてご紹介したい。「クォータ制」は、企業で従事されている方々も授業を受講しやすいようにという配慮から「科目履修生制度」を利用することを想定して実施したという背景もある。海外からの学生受け入れに関連して「秋期入学制度」、「クォータ制」を検討する大学も少しずつ増えつつある。そのため、「クォータ制」が一段と注目を浴びているように感じている。

2. 「クォータ制」の授業概要について

8週間で一つの授業科目が構成されているため、最終8回目は定期試験や最終課題作成提出に充てられる。

たとえば、2012年度に著者が担当した授業科目「機械力学および実験」は、8回授業の内、合計5回の振動基礎実験を行い、危険速度、固有振動数、周期そして減衰比などの重要事項について実験を通じて学ばせ、課題レポートを作成するように計画している（事例紹介として、松本他、日本機械学会D&D2013）。また、授業によっては、基礎と応用を考慮して2つのクォータに連続して設置している科目もあり、その場合にも、授業科目ごとに成績判定を行う。一部授業（基礎数学など）においては同一科目において、週に2回開講されている授業もあるが、多くの場合は週1回1コマ（90分）ないし連続2コマ（180分）の授業が開講されている。日本機械学会関連としては、「CAE基礎」、「CAE応用」などの授業を通じて計算力学技術者試験（固体力学分野）の資格取得者が続出している。

3. 「クォータ制」を活用したインターンシップ制度

製造学科では、学部2年生の第2クォータに相当する6月から8月にかけて、受け入れ先企業においてインターンシップ（科目名「インターンシップA」）を行っている。必修科目ではないが、一定単位数を取得した学生は、原則、全員インターンシップを行うように指導を行っている。県内企業や卒業生の就職先を中心



図1 海外インターンシップ（泰日工業大学・タイ）

に受け入れをお願いしている。平日月曜から金曜日に連続8週間インターンシップを実施する大学は全国でも少ないと思われる。終了後にインターンシップ成果報告会やポスター掲示を行う。ものづくり教育、コミュニケーション能力育成に役立てている。今年度、問題解決型インターンシップが実施された。他にも、協定締結しているタイにある泰日（たいにち）工業大学や関連企業において海外インターンシップを行った。現地の方々との交流を通じてものづくりを学ぶことで一段とたくましく成長している（図1）。「クォータ制」は本学や海外の学生にとって実施期間の調整がしやすいことも利点の一つとしてあげられる。

4. 「クォータ制」授業を実際に担当して

著者の場合、当初は授業ペースに慣れるのにやや苦心したこともあり、教えたい内容が8回にうまく入らなかったり、内容を詰め込もうとして学生が消化不良になってしまったりする場合もあった。現在では大学で実施している「授業評価アンケート」や個人的に授業終了時に実施している「授業感想コメント」メモを記入してもらい適切な授業内容や進度を確認している。試験回数や授業時間総数が多いことにはなるが、重点項目を絞り2か月単位に集中して学習できる点は、学生にとっては適している点もあるように感じている。

5. おわりに

実際に授業担当している教員の視点からの意見が含まれていることをお断りしておく。「クォータ制」にご関心ご興味のある関係皆様に少しでも参考になれば幸いです。

千葉
ブロック

仮想的な力を働かせてロボットを制御する

木更津工業高等専門学校 機械工学科 内田 洋 彰

ロボットは現在、工場の生産ラインにおいてはなくてはならない装置です。最近では、ロボット掃除機のように家庭にもロボット製品が進出してきています。さらには、東日本大震災での原発、紛争終了地域に残存する地雷、海底の資源開発等人間が作業するには困難な場所で活躍するロボットなど使用用途は、広範囲にわたっています。

私達の研究室では、研究対象の一つとして、人間が作業困難な場所で活躍するロボットのの一つと考えられます6脚ロボットの歩行制御手法について研究を進めています。6脚ロボットは、2脚ロボット、4脚ロボットと比較すると、転倒しにくい“安定”という大きな特徴を有しています。これは、支持脚が作る多角形の中に胴体重心位置の投影点が存在することをいいます。また、歩行速度も安定な（転倒しない）3脚ずつの組み合わせで最大な歩行速度で歩行を行うことができます。車輪式の移動ロボットと比較すると、移動速度は劣りますが、脚先を着地点、次の着地点として移動することができるため、階段、不整地などの不連続に移動する環境での作業に適しています。現在、特に重点的に研究を行っているのは、ロボット胴体の位置および方向制御と姿勢制御についてです。ロボット胴体は三次元空間では、6方向に動きます。横(x)、縦(y)、高さ(z)の3軸に直進運動、それらの軸周り(ピッチ、ロール、ヨー)に回転運動を行います。私達の研究室では、ロボットの脚機構として、ロボット胴体部の自重を主に支える力を発生するリンクと、移動速度を発生するリンクとに分けた機構を有する6脚ロボットを用いることで、 x 、 y およびヨーの組み合わせと z 、ピッチおよびロールの組み合わせの3軸ずつに分けて制御する手法を開発しました。この制御手法の特徴は、目的の胴体重心位置(x 、 y)およびヨー角となるように胴体に仮想的な力とヨー軸周りのモーメントおよび図1に示す様に目的の胴体重心高さ(z)、ピッチ角およびロール角となるように仮想的な力(ΔF_z)、ピッチ軸周りのモーメント(ΔM_p)およびロール軸周りのモーメント(ΔM_r)を支持脚の駆動アクチュエータで発生させて、目的の胴体高さおよび姿勢に制御することです。この手法は、階段のような段差の昇降においても歩行環境の影響を受けずに、目的の胴体高さ、姿勢になることが確認できました。図2には、胴体重心位置およびヨー角を制御した場合の3Dシミュレーション

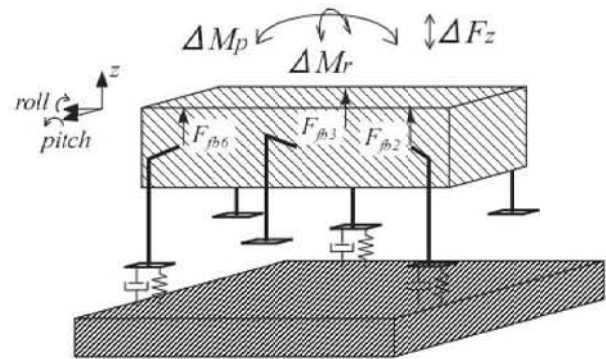


図1 胴体姿勢に仮想的な力とモーメントが作用している6脚ロボットのモデル

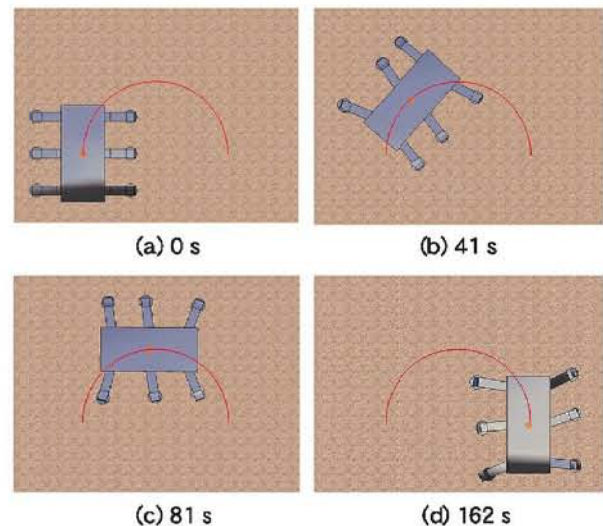


図2 全方向歩行制御の3Dシミュレーション

結果の図を示します。図中において赤の実線が胴体重心位置の目標軌道です。胴体重心位置およびヨー角についても目標の値となるように制御できることを3Dのシミュレーションで確認しました。

6脚ロボットの姿勢制御手法で仮想的な力をアクチュエータで発生する制御手法の有効性が明らかになりましたので、この手法を2リンクアームの手先位置および力制御手法に現在適用しています。これにより、高齢化社会を迎え、ロボットが介護の現場で必要不可欠な力制御手法の一つとして期待できます。さらには、パワーアシスト装置として、望ましい力を発生する手法としても期待できます。今後は、力を制御する手法の開発およびそれを実装するシステムの開発をめざしていく予定です。

茨城
ブロック

研究開発と真空

(株)ビームトロン (BIEMTRON) 佐藤達志

最近、「真空パック」、「真空圧力保温釜」、「真空チルド」等、TVコマーシャルや広告に「真空」の文字が目につきますね。実は、私達の生活の中には真空状態の特性を利用した製品や道具はたくさんあります（インターネットで調べると面白いですよ！）。それでは、真空とはどういう状態でしょうか？私たちの生活する大気中には、窒素と酸素の他、何種類もの気体（原子・分子）が存在しています。真空とはこれらの気体が大気圧中に比べて少なくなっている状態と考えてください。当然その状態には大気圧中より少し気体が少なくなった状態（低真空）から非常に気体が少なくなった状態（極高真空）まで様々です。大気圧とおおまかな真空状態の例（単位Pa）を以下に示します。

- ◎ 地球表面の1気圧： $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$
- ◎ ジェット旅客機の高度10km付近： 10^4Pa （低真空）
- ◎ 真空パック： 10^3Pa （低真空）
- ◎ 冷蔵庫の真空断熱材： $1 \sim 10 \text{Pa}$ （中真空）
- ◎ 蛍光灯、魔法瓶： 10^{-3}Pa （高真空）
- ◎ 国際宇宙ステーションが存在する高度400km付近： 10^{-5}Pa （高真空）
- ◎ 気象観測衛星が存在する高度1000km付近： 10^{-8}Pa （超高真空）
- ◎ 静止衛星が存在する高度36000km付近： 10^{-11}Pa （極高真空）：この状態でも原子・分子が残る。

特に超高真空や極高真空では残存する気体が極めて少なく、つまり、不純物が少なく、そのような状態を作る事はとても難しく、かなりの時間が必要です。

しかし一部の研究開発にとっては、このような不純物が極めて少ない状態が重要です。例えば半導体分野では、図1のような超高真空蒸着装置で数種類の原子を1個ずつ、または1原子層ずつ積み重ね人工的な物質を作る事が必須となります。また、図2のような、電子や陽子、陽子イオンなどの荷電粒子を電氣的に加速させる加速器（原子核や素粒子の実験や癌治療に応用されている）においても不純物が嫌われ、超高真空が必須となります。では、どのようにして不純物の少ない真空を作るのでしょうか？

まず、真空装置（真空状態の持つ特性を利用した装置）については、真空容器（シール材を含む）の材質、材料の表面処理、そして真空容器内で使用する部品の

状態などに注意します。また、真空を作る際には、最終的には容器内壁に付着する気体分子を「ベーキング」と言う熱処理で排除して行きます。現在、真空ポンプの性能が格段に良くなっていますが、このベーキングは今でも重要な手段となっています（もちろん容器にモレが無い事が前提ですね！）。

当社の名前 (BIEMTRON) の由来 (Beam + Ion + Electron + Molecular + mechaTRONics) の一つとなっておりますように、真空装置の開発では機械設計が重要と考えております。真空容器の中での物の移動、例えば、真空中で、加熱あるいは冷却状態での連続回転などが求められる場合があります。真空中ではグリース等は使用できません。何度も大気圧に戻しメンテナンスする事もできません。摺動部をどのように設計するか、機械設計の技術力と経験が必要です。

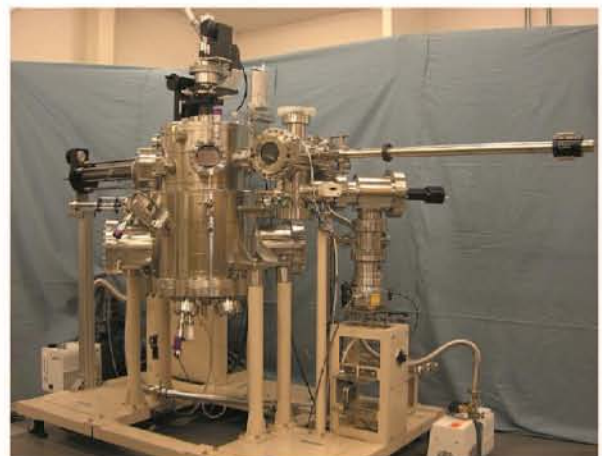


図1 超高真空メタルMBE（分子線エピタキシー）装置（京都大学提供）



図2 直線加速器（LINAC）（J-PARC提供）

栃木 ブロック

スクロール圧縮機スラストスライド軸受の 潤滑メカニズム

足利工業大学 阿南 景子

わたしたちの生活になくてはならないルームエアコンにおいても、近年、地球温暖化防止などの観点から高効率化、省エネルギー化に対する要求が相当厳しいものとなってきている。

ルームエアコンなどの心臓部は圧縮機であり、それにはスクロール型が数多く使われるようになってきている。スクロール圧縮機では、渦巻状の二つのスクロール（固定スクロールと可動スクロール）が対になっており、可動スクロールを巡回運動させることによって両者の間にできる三日月形気室の体積を絞り、冷媒を連続的に圧縮している。

固定スクロールはスラスト軸受面で可動スクロールと接触して巡回運動を保持しているため、その部分で非常に大きなスラスト荷重を支えることになる。一般にこの部分にはスライド軸受が採用されるが、面白いことに給油機構を設けるなどの特別な設計上の工夫をしなくても焼付きなどが起こらず、むしろ比較的良好な潤滑状態が保たれることが確認されている。そのため、この部分での潤滑メカニズムについては長い間にわたって解明されてこなかった。圧縮機の高効率化への期待が高まる中、なぜ焼付きなどがこの部分で起こらないのか、潤滑のメカニズムはどうなっているのか、どのような潤滑性状が達成されているのか、などの課題を是非明らかにしておく必要がある。

そこで、著者らの研究グループでは、スクロール圧縮機のスラストスライド軸受における良好な潤滑状態の本質を明らかにするために、多目的摩擦摩耗試験装置を用いた実験を行っている（文献(1)参照）。特に、スラスト軸受内外で生じる圧力差に着目し、それを変化させてスラスト軸受面に生じる摩擦力と摩擦面温度を詳細に計測している。さらに、試験後の摩擦面の摩耗状態を詳しく観察している。その結果、図1に示しているように、半径方向に摩耗状態が異なっていることが確認できている。最も内側の（A）で示した付近では軸受が強く接触して摩耗し、鏡面になっている。

（B）付近では摩擦痕が多数残っている。摩擦痕のリング形状は、巡回板の巡回運動の軌跡と同一である。適度の隙間があったために摩耗粉によってアブレシブ摩耗が生じ、このような摩擦痕が残ったと考えられる。外周の（C）付近では顕著な摩擦痕は確認できない。

隙間が大きかったためにアブレシブ摩耗もほとんど起こらなかったと考えられる。それぞれの場所での摩擦面平均粗さを計測した結果、内側に向かうにしたがって表面粗さが小さくなっていることも確認できている。

次に、くさび状隙間による潤滑効果の本質を明らかにするために、潤滑理論解析を行っている（文献(2)参照）。摩擦摩耗試験によって得られた潤滑特性の本質を明らかにするため平均流れモデルによる修正レイノルズ方程式を用いてスラスト軸受の潤滑に関する理論解析を行っている。弾性変形によってスラスト軸受外周にくさびが形成された状態を、剛体スラスト軸受モデルで代表させて扱っている。この解析により、スラスト軸受の優れた潤滑特性を支える混合潤滑の本質を明らかにしている。理論解析の結果は実験結果とも非常に良く一致しており、かなり信頼性が高いと言える。

この解析法を応用し、潤滑性能を考慮したスラストスライド軸受の最適設計法についても検討が行われている。スラストスライド軸受のくさび角度、温度、軸受内外圧力差を変化させた場合の設計指針も示されており、意図的にくさび角度を設ける等で摩擦損失動力を現行の圧縮機よりも飛躍的に低減させることができる可能性も示唆されている。

これまで試行錯誤的に行われていたスクロール圧縮機の軸受設計に一つの新しい指針を与えているように受け止められ、圧縮機性能のさらなる性能向上が期待できるものと考えられる。

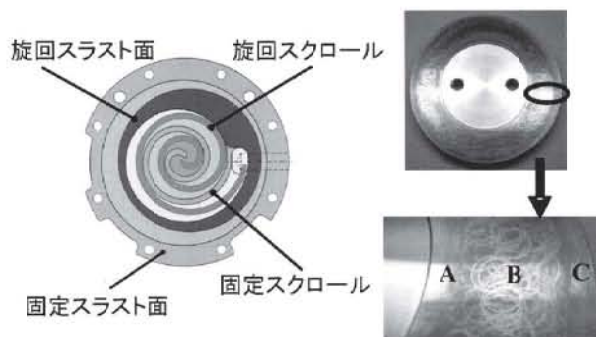


図1 スクロール圧縮機概略図と摩擦試験後のスラスト軸受面の粗さ

参考文献：(1) 奥・ほか5名、日本冷凍空調学会論文集、Vol. 24-1、(2007)、pp. 65-75。(2) 奥・ほか5名、日本冷凍空調学会論文集、Vol. 24-1、(2007)、pp. 77-88。

群馬 ブロック

小さな気泡で油を落とす

群馬大学理工学研究院 天谷 賢 児

直径が数十マイクロメートルの小さな気泡であるマイクロバブルを利用した技術が、様々な分野で注目されています。たとえば、たくさんのマイクロバブルを発生させて水質を良くしたり、水の中の不純物を分離して回収するなど、環境改善のための技術に応用されています。現在、このようなマイクロバブルの応用範囲が、ますます広まりつつあると思われます。その一例として、配管にマイクロバブルを含んだ流れを通すと、配管の内側の壁面に付着した油污れの除去に効果があることがわかってきました。このような技術は、いろいろな清涼飲料水などの製造ラインや工業プラントの配管の洗浄などに応用ができるかもしれません。しかし、なぜ小さな気泡であるマイクロバブルが含まれている水を使うと油污れが落ちるのでしょうか？ そのような疑問から、私たちの研究室ではマイクロバブルの洗浄効果に関する研究を行ってきました。

油污れが落ちてゆく過程を観察するために、光を使った方法を用いることにしました。油としてはラード（豚脂）を用いました。このラードの中に蛍光剤と呼ばれる物質を混ぜて配管の内側に塗ります。ここで用いた蛍光剤は紫外線に近い波長の光を当てると、緑色に光るものを使用しました。これによって、紫外線に近い波長の光を当ててラードの様子が良く見えるようにしました。この方法を用いて、配管の中のラードがマイクロバブルの流れによってどのように落ちてゆくかを観察しました。

図1はアクリルパイプの中を流れるマイクロバブルの様子を示しています。図の上の写真はマイクロバブルを含んでいる流れで、白濁しているように見えます。下の写真はマイクロバブルが入っていない通常の水流れです。この時のマイクロバブルの平均気泡径は約73マイクロメートルでした。図2はラードの様子を示した写真です。図の丸い部分に蛍光剤が混ぜ込まれたラードを塗って管の内面にに取り付けて観察を行いました。左の図はマイクロバブルを含んでいない通常の水流れを1200秒間矢印の方向に流した場合で、ラードがなくなる様子を観察することができませんでした。これに対して、マイクロバブルを含んだ流れを1200秒間流した場合は、ラードが筋状に残っていますが、他の部分が除去されているのがわかります。このように、マイクロバブルを含んだ水流れによって油污れが落ちてゆくことが確認できました。

さて、小さな気泡であるマイクロバブルがなぜ油污れを落とすことができるのでしょうか？ さらに詳しく観察を行った結果、その理由がだんだんとわかってきました。まず、油があるとそこにマイクロバブルが付着することがわかりました。たくさんのマイクロバブルが油の表面に付着すると、今度はそれが合体して大きな気泡になってゆく様子が観察されました。やがてそれは水流によって離脱します。このとき少しずつ油を持ち去ってゆくのです。水面に油を載せると油がサッと広がる現象をご存知でしょうか。同じように気泡の表面に油が広がり、その気泡が離脱することで油が少しずつ取り去られてゆくと考えられます。研究はまだ始まったばかりでもっと詳しい観察が必要ですが、このようにマイクロバブルが油污れを落とすメカニズムが少しずつわかってきたように思います。

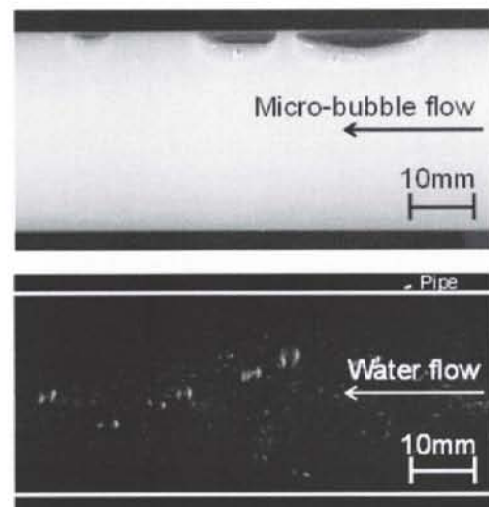


図1 マイクロバブルを含む管内流（上）と通常の水流れ（下）

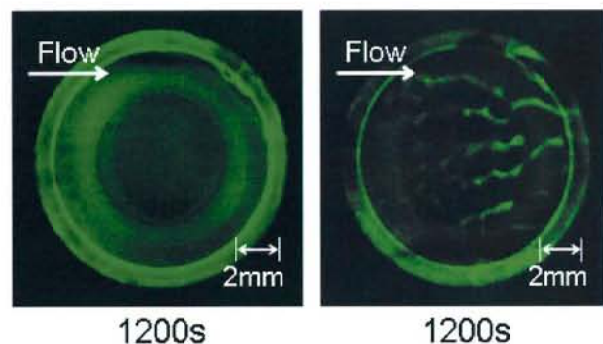


図2 ラードの様子
(左：水流、右：マイクロバブルを含む流れ、矢印は流れの方向を示している)

山梨
ブロック

工作機械と温度について

山梨県工業技術センター 米山 陽

近年、マシニングセンタを用いて微細かつ精密な加工を行う事例が増加しており、直径数mm以下の小径切削工具が多く用いられております。これらの工具による加工は、数万rpmの高い主軸回転数と、 μm 単位での微小切込み量のコントロールが要求され、厳しい加工条件が求められています。しかし、主軸を高速回転で使用すると主軸発熱量が増大し、熱により加工機が膨張する熱変位が発生するため、高精度加工においては熱変位への対策が重要となってきます。現在、工作機械メーカーからは熱変位対策が施された製品が発売されてきておりますが、従来機種もまだ多く稼働しています。

マシニングセンタ等において、従来から行われている熱変位対策として暖気運転の実施があります。暖気運転は、加工機の摺動面や軸受け等の潤滑状態を整えるとともに、各部の温度を稼働状態に近づけ、加工中の熱変位を低減させる効果があります。一般的には、電源投入時にメーカー指定の暖気運転を実施していますが、加工機の温度は運転状況や環境等の外乱により常に変動するため、リアルタイムでの確認が重要となってきます。しかし現状では、作業者が定量的に把握する手段が乏しいといった課題があります。

そこで当センターでは、作業者が加工機の熱的安定状態等を把握するツールの開発を目的として、主軸温度と主軸変位の計測手法等について検討を行い、加工者支援ツールの試作を行いましたので紹介させていただきます。

主軸温度変化と主軸変位量の関係を把握するため、様々な稼働条件においてマシニングセンタを運転し、非接触工具位置測定装置を用いた主軸変位の測定実験を実施しました（図1）。その結果から算出された熱変位予測式について、主軸変位実測値との比較を行ったところ、数 μm の誤差で予測値が一致することが確認できました（図2）。

これらの結果を基に、マシニングセンタ各部の温度を作業者に知らせる支援ツールを試作しました。温度に関する各種データは機械操作パネルに設置された小型ディスプレイに時系列のグラフで表示され、作業者が一目で確認できるように配慮しました。また、主軸温度から換算した主軸変位量も表示され、作業者が補正を判断する情報として使用できます（図3）。

実際に本装置を加工時に活用したところ、主軸温度の変化状況や主軸回転数の増減による主軸変位状況の確に把握できるようになりました。また、工具交換に伴う主軸温度変化など、温度変化が大きく生じやすい動作において温度一定まで加工を待機することにより、加工面の平面度が向上するなどの効果が認められました。

今回、既存加工機的能力を最大限引き出すという視点からこのような取り組みを実施しました。加工機精度は温度と密接な関係にあります。今後は、マシニングセンタ以外の加工機への応用等を検討しております。

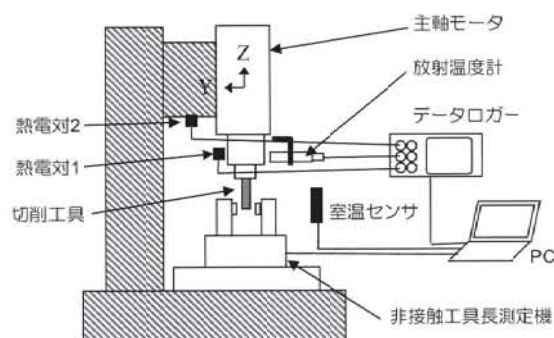


図1 マシニングセンタでの主軸変位量計測

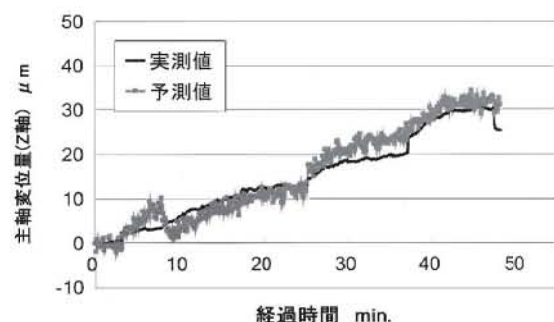


図2 主軸変位量予測値



図3 マシニングセンタでの使用例

関東支部第20期総会・講演会および 関東学生会第53回学生員卒業研究発表講演会のお知らせ

支部運営会・実行委員会

関東支部および関東学生会では、上記総会および講演会を「東京農工大学 小金井キャンパス」にて開催いたします。講演会は会員および学生員に限らず、これから本会会員になろうとする皆様も参加可能です。また、関東支部20周年記念行事もありますので、是非ご参加ください（当日入会も可能です）。

講演会では、「特別講演」、「オーガナイズドセッション」、「一般講演」、「20周年記念式典」を行うほか、機

器展示やカタログ展示も計画しております。皆様のご参加をお待ちしております。

なお、卒業研究発表講演会では、優れた口頭発表を行った学生員に対してBPA(Best Presentation Award)が贈られます。また、講演会では、若手講演者を対象とし、優れた講演に対して日本機械学会から若手優秀講演フェロー賞が、関東支部から若手優秀講演賞が贈られます。奮ってご参加ください。

■ 期 日 2014年3月14日(金)～15日(土)

■ 会 場 東京農工大学 小金井キャンパス（東京都小金井市中町2-24-16）

■ 企 画 支部総会、講演会、関東学生会総会、学生員卒業研究発表講演会

3月14日 20周年記念式典：パネルディスカッション「関東支部のこれまでの20年、これからの20年」、20周年記念表彰

3月15日 特別講演「超成熟社会を支えるスマートモビリティ」

永井 正夫（一般財団法人日本自動車研究所 代表理事 研究所長
東京農工大学 客員教授）

（講演会の詳細は以下参照 <http://www.jsme.or.jp/conference/ktconf14/>）

■ 問合せ先 日本機械学会 関東支部事務局（12ページ参照）

開催会場（東京農工大学 小金井キャンパス）の紹介

東京農工大学 笹原 弘之

東京農工大学は、1874年、我が国最初の農学教育および蚕業指導のために開設された「内務省勸業寮内藤新宿出張所農事修学場」および「同出張所蚕業試験場」を創基とし、本年2014年に創基140周年を迎えます。現在では、工学部および農学部の2学部のほか、大学院の研究組織である工学研究院と農学研究院、大学院の教育組織である工学府、農学府、生物システム応用科学府、連合農学研究科、さらに大学教育センター、先端産学連携研究推進センター、国際センター、学術研究支援総合センター、科学博物館など多数のセンター・施設を有し、学生数も大学院生約2,000人、学部生約4,000人を数える規模の大学です。大学の基本理念である「使命志向型教育研究—美しい地球持続のための全学的努力として—」(MORE SENSE)のもと、創造性と国際性豊かな研究者・技術者を養成し、循環型社会の構築に貢献できる大学として邁進しています。講演会場となる小金井キャンパスは工学部が主体であり、実行委員会の中心となる機械システム工学専攻・機械システム工学科は、30研究室の体制で機械工学の幅広い研究分野を網羅しています。

小金井キャンパスは、JR中央線東小金井駅から徒歩7分の緑豊かな場所にあります。特別講演は、日本自動車研究所 代表理事 研究所長の永井正夫先生（昨年9月まで本学教授）より「超成熟社会を支えるスマートモビリティ」を予定しています。また、科学博物館などのツアーも予定しています。皆さん、是非この機会に東京農工大学小金井キャンパスで開催される関東支部総会・講演会に御参加ください。



東小金井駅方面からのエントランスとなる東門と140周年記念会館エリプス

20周年関連行事の紹介

日本機械学会関東支部では、今期で設立20周年を迎えることを記念し、記念講演会を開催いたしました。

20周年記念講演会

「人とこととのふれあい～池上 彰氏を迎えて～」—科学とニュース、新しい出会いを求めて—

日時：2013年12月20日（金） 14:00～16:30

場所：東京工業大学 くらまえホール （東京都目黒区大岡山2-12-1、東工大蔵前会館1階）

プログラム：「科学と一休さんの屏風の虎」

日本機械学会関東支部 支部長 中村 春夫（東京工業大学）

「伝えるということ」（講演並びに皆様とディスカッション）

池上 彰氏（東京工業大学 リベラルアーツセンター教授）

定員：300名

第20期総会・講演会の開催に併せて記念式典等の開催を予定しております。

各イベントの詳細は、支部ホームページをご参照ください。皆様のご参加をお待ちしております。

20周年記念式典

日時：2014年3月14日（金） 16:00～18:00

場所：東京農工大学 小金井キャンパス 工学部講義棟2階 0026室
（〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16）

アクセス：JR中央線「東小金井駅」から大学まで、徒歩約10分

プログラム

- ・パネルディスカッション「関東支部のこれまでの20年、これからの20年」（80分）
（パネリスト：学会筆頭副会長、初代支部長、ブロック代表、企業代表、学生会代表、学生代表、現支部長）
- ・20周年記念表彰

20周年記念懇親会

日時：2014年3月14日（金） 18:10～20:00

場所：東京農工大学 小金井キャンパス 140周年記念会館「エリプス」
（〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16）

編集委員

石井 孝明（委員長、山梨大学）	前田 真吾（東京ブロック、芝浦工業大学）	徳永 仁史（茨城ブロック、(独)産業技術総合研究所）
高橋 智（支部運営委員、首都大学東京）	村田 良美（神奈川ブロック、明治大学）	森下 悦生（栃木ブロック、宇都宮大学）
渡邊 鉄也（支部運営委員、埼玉大学）	長瀬 拓夫（埼玉ブロック、埼玉大学）	古畑 朋彦（群馬ブロック、群馬大学）
小出 祐一（支部選出委員、(株)日立製作所）	石田 忠輝（千葉ブロック、木更津工業高等専門学校）	清水 毅（山梨ブロック、山梨大学）

日本機械学会関東支部ニュースレター『メカトップ関東 No.35』

Mecha-Top KANTO No.35

News Letter of the Kanto-Branch, The Japan Society of Mechanical Engineers

発行年月日：2014年1月5日 印刷製本：株式会社 大間々印刷

発行者：〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5階

一般社団法人 日本機械学会・事務局内 日本機械学会関東支部

TEL 03-5360-3510 FAX 03-5360-3508 ホームページ <http://www.jsme.or.jp/kt/>