

JCMA 報告

平成 22 年度 (社)日本建設機械化協会
研究開発助成
助成対象者決定と
助成開始のお知らせ

平成 22 年度研究開発助成担当
技師長 齋藤清志

(社)日本建設機械化協会は、平成 22 年度の研究開発助成対象者を平成 23 年 1 月 18 日付けで決定し、2 月 28 日付けで助成を開始しました。

この「研究開発助成」は建設事業の機械化を推進し、もって国土開発と経済発展に寄与することを目的として優れた研究開発・調査研究に対して助成する制度で、本年度は第 4 回目となります。

助成対象者は、大学、高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究者及び研究グループ、及び法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループです。

本年度は、研究開発助成審査委員会（委員長 岸野佑次 東北大学名誉教授）において厳正な審査を行った結果、応募 20 件の中から下記のとおり、『電磁界を利用した高張力ボルトの緩み検査センサの開発（大分大学工学部：准教授 後藤 雄治）』と『柔軟な力制御によるミニショベル掘削作業の知能化に関する調査研究（立命館大学理工学部：准教授 玄 相昊）』の 2 件に対し助成することに決定しました。

なお、研究期間は平成 23 年 2 月から平成 24 年 3 月末で、研究成果は平成 24 年 11 月頃開催予定の「建設施工と建設機械シンポジウム」にて発表される予定です。

平成 22 年度 研究開発助成審査委員会委員名簿

委員長	岸野佑次	東北大学 名誉教授
委員	阿部雅二郎	長岡技術科学大学 工学部 准教授
	太田秀樹	中央大学研究開発機構 教授
	川本伸司	(社)日本建設機械化協会 建設業部会長
	木川田一弥	(社)土木学会 建設用ロボット委員会
	藤野健一	(独)土木研究所技術推進本部 先端技術チーム 主席研究員
	松隈宣明	(社)日本建設機械化協会 専務理事
	見波 潔	(社)日本建設機械化協会

施工技術総合研究所 所長
吉田 正 国土交通省関東地方整備局
関東技術事務所長

平成 22 年度 (社)日本建設機械化協会
研究開発助成対象者及び技術の概要

○電磁界を利用した高張力ボルトの緩み検査センサの開発

大分大学 工学部機械・エネルギーシステム工学科
准教授 後藤 雄治

【キーワード】高張力ボルトの緩み、電磁非破壊検査、締付けすぎによる緩み

【研究の概要】

本研究では、小型コイルで構成された電磁気センサをボルトやナット頭部に被せ、ボルトの緩みを短時間で簡便に検査するセンサの開発を行う。高張力ボルトとして多く利用される鋼材は、圧縮応力が増すに連れて圧縮方向における透磁率が低下する。ボルトが締まると同じ現象がボルトやナット部で生じている事が予想されるため、締付け力によって圧縮されたボルトやナット頭部側面の透磁率変化を非接触で検出することで、ボルトの緩みが評価できると考えられる。この電磁気検査手法では、ペンキ等でコーティングされているボルトや、頭部に刻印などの凹凸の激しいボルトにも適用可能であり、またボルトの締め付けすぎによる生じる緩みも瞬時に検出できる。本提案検査手法は、ボルト側面の磁気特性変化を検出する手法であるため、ボルトや締め付け鋼材のサイズに左右されず、高速非接触での検査が可能となる。

●具体的な研究概要及び内容

(1) 高張力ボルト・ナットの圧縮応力における電磁気特性の評価

高張力ボルトとして多く利用される SCM435 鋼材を圧縮試験器に装着し、弾性変形領域における各圧縮応力に伴う電気抵抗と磁化曲線 (B-H 曲線) の詳細な測定を行う。図-1 は簡易的な各圧縮応力に伴う初

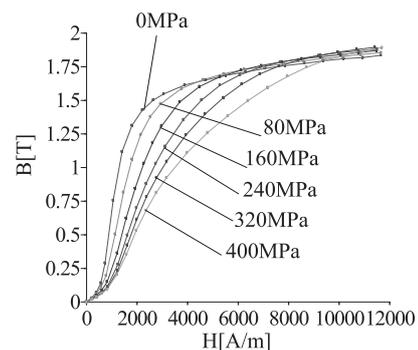
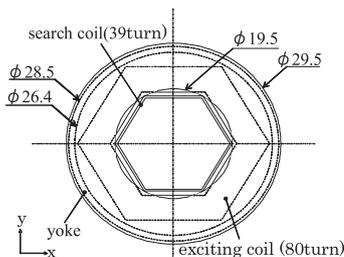


図-1 高張力ボルト材の圧縮応力に伴う磁気特性の変化例

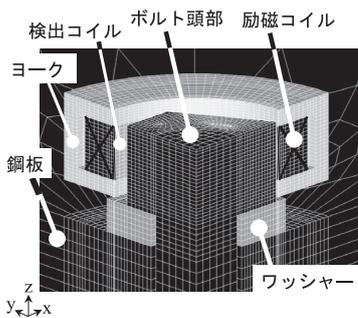
期磁化曲線の測定結果例を示す。図内の横軸は加えた磁界の大きさ (H [A/m]) を示し、縦軸は鋼材がどれくらい磁化したかの磁束密度 (B [T]) を示している。図から、圧縮応力 (MPa) が増すに連れて圧縮方向における透磁率 (磁化の度合い) が低下している事が理解できる。

(2) 三次元有限要素法による応力・電磁界連成解析による電磁気センサの設計・開発

三次元有限要素法を利用し、検査に最適な電磁気センサの設計開発や検査原理の解明のため、応力・交流非線形電磁界連成解析プログラムの開発を行う。これは、半ねじ六角ボルトを締付け鋼板に弾性領域で締付けた場合の応力解析と、応力分布に対応した図-1に示す初期磁化曲線を線形補間で各要素内に割り振り、非線形電磁界解析を行うプログラムである。図-1から、ボルトは圧縮応力が加わると、圧縮方向の透磁率が低下するため、締付け力に比例して軸方向における透磁率が低下する事が予想される。そこで、この低下した透磁率変化を高精度に検出することでボルトの緩みが評価できると考えられる。ここでは、図-2に示す電磁気センサをボルト頭部に被せて、締付けによって変化するボルト頭部側面の透磁率変化を高感度に検出し、軸力に換算する手法を提案する。また開発を行った応力・交流非線形電磁界連成解析プログラムを使用して、提案検査手法の現象解明と最適な検査センサの形状や磁化条件の検討を行う。



(a) 提案電磁気センサ上面図



(b) ボルト頭部へ装着時(1/4領域)

図-2 M10六角ボルト用の提案電磁気センサと 応力・交流非線形電磁界連成解析モデル (1/4領域)

(3) 検証実験による評価

応力・磁界連成解析で得られた最適な電磁気センサを作製し、検証実験を行うと共に、実現場で適用可能となる実用性を考慮した電磁気センサ開発及び実験を行う。

助成決定の理由：技術的に難しいテーマではあるが、応用範囲が広く、研究のニーズや必要性が特に高いことなどが評価された。

○柔軟な力制御によるミニショベル掘削作業の知能化に関する調査研究

立命館大学 理工学部ロボティクス学科

准教授 玄 相昊

【キーワード】ミニショベル、掘削作業、力制御、安全性
【研究の概要】

本研究は一言で言えば、申請者が過去5年間に蓄積した油圧による力制御技術と全身運動制御技術を、初めて建設機械に応用するものである。

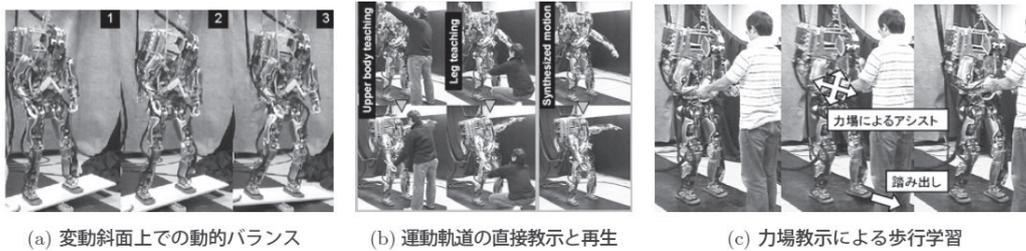
要点は、低価格の圧力センサによるカフィードバックと作業空間における学習制御によって、非常に過酷な環境にさらされるバケットの高負荷掘削力を精度良く、しかも直感程にわかりやすく制御することである。

既に申請者は等身大の油圧駆動型ヒューマノイドロボットにおいて、トルク制御による柔軟な全身運動(たとえば床反力制御や重心位置制御)を実現し、さらに人間からロボットへの運動教示への展開に成功している(図-3)。

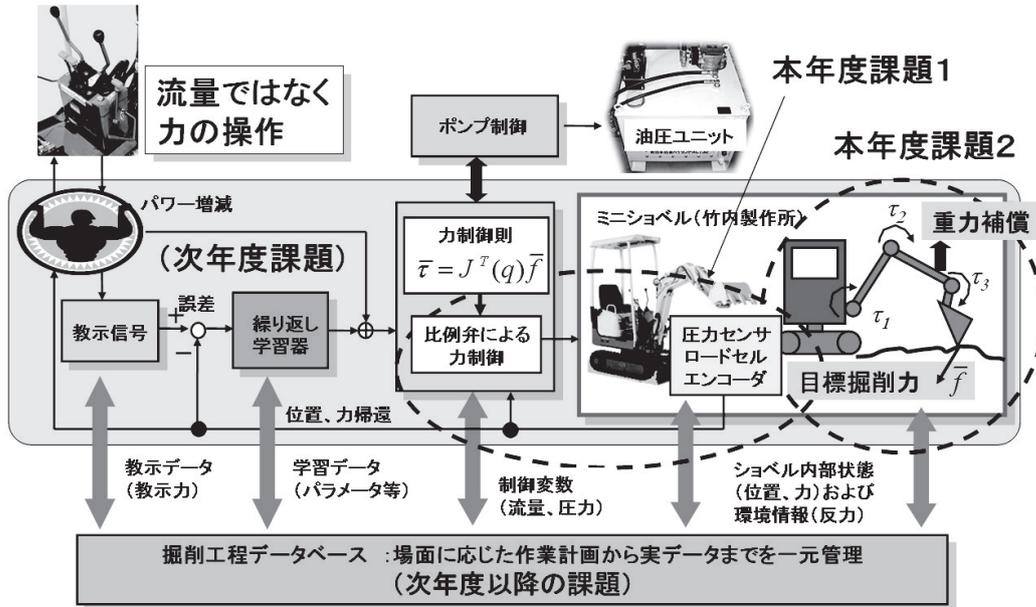
この油圧駆動ロボットにおける力制御の研究経験から、建機のような屋外作業機械への応用が必然的に着想された。本研究はその第一歩となる。

では、具体的に力制御をミニショベルに適用することでどのような付加価値が生まれるだろうか?以下がその代表的な効果である。

1. 掘削力を正確に制御できる。また、掘削作業中の負荷変動に対して即応的かつしなやかに対応可能である。ポンプ制御を併用することで、省エネ化が可能である。
2. 力制御ならではの重力補償により、ブーム、アーム、バケットの自重を姿勢に応じて完全にキャンセルでき、外力に対してしなやかに対応できる。また、力学的バランスを最適に保持した姿勢で作業することができるため、転倒安定性が格段に向上する。
3. 本来人間が行う直感的な作業が可能である。すな



図一三 油圧駆動の柔軟な力制御の効果



図一四 研究の全体像と本年度の2つの課題

わち、操縦レバーでブーム等各部を操作することに加え、掘削力を直接操作できる。

4. 位置制御は力制御の2次上位にあたるため、力制御を通じた精密な位置制御も容易となる。

いずれも掘削作業の高度化に直結するものであり、効果は絶大である。

そこで初年度は、最も基本となる2つの技術課題について調査研究を行う。図一四に研究全体の枠組みと本年度の課題(破線で囲まれた部分)を示す。

課題1では、各部アクチュエータの良好な力制御を完成する。ロードセルとサーボ弁による力制御は既に確立されているため、これを比例弁と安価な圧力センサに置き換えるために、アクチュエータダイナミクスの詳細な解析に基づく力制御系を構築し、マイクロコントローラ上に実装する。研究機材としては、1月に納品予定のミニショベルを改造し、圧力センサおよび電磁比例弁を取り付ける。

課題2では、ショベルの自重ならびに目標とする掘削力を各部アクチュエータの力目標値に変換する方法を確立し、課題1の方法でアクチュエータの力制御を行う。どの程度正確かつ動的に目標力が達成できるか、外部据付のロードセルを用いて定量的に評価する。また、特定の掘削作業を想定し、自動制御モードにおいて従来型の制御系と新しい力制御系の比較を定量的に調査する。

これらは、次年度で行う力操作系の研究、及び教示と学習による誤差補正アルゴリズム開発の基礎となる。

助成決定の理由：ロボット技術の建機への応用研究として意義があり、実用化されれば様々な分野で役立つ技術である。新規性・発展性に優れたテーマであることが評価された。