

電気自動車の増粘着制御

- 東大三月号 (UOT Electric March) の設計と製作 -

堀 洋一, 古谷武大, 豊田 靖, 内田利之, 山崎一彦
(東京大学工学部総合試験所)

1. まえがき

電気自動車の最大の特長は電気モータの持つ高速で精密なトルク応答であるにもかかわらず、これを生かした高度な制御技術に関する議論はほとんどなされていない。

筆者等は、モータの制御方式によってタイヤと路面の粘着特性が大きく変化することを、シミュレーションおよびMGセットを用いたハードウェアシミュレータによって示してきた。^{[1] [2]} さらに、これを実車で確認するために、実験用電気自動車「東大三月号」を開発している。

東大三月号は、ニッサンマーチを種車とし、すべてを学生の手作りによって行ったコンバートカーである。実用車としての性能は低レベルであるが、高性能のトルク制御を施し、マイコンを用いたデジタル制御による「電気自動車のモーションコントロール」のテストベッドとして使いやすい設計としている点に特長がある。(図1, 図2参照)

昨年の夏ころから製作を進めてきたが、今般基本的なハードウェアが完成し実動するようになったので、その概要を報告したい。今後、増粘着制御のアルゴリズムの検証などに用いていく予定である。



図1 実験用電気自動車「東大三月号」

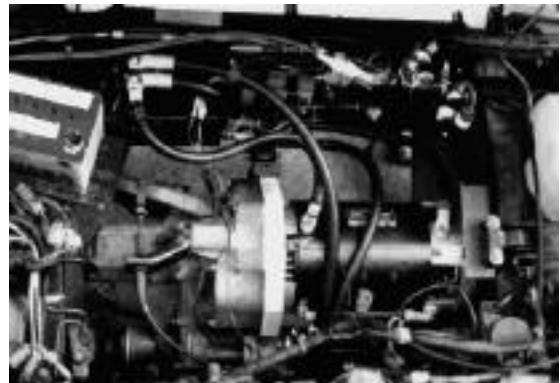


図2 エンジンルームに収まったモータ

表1 東大三月号の諸元

Conversion Base	Nissan March (Micra)
size	3785 × 1560 × 1395[mm]
weight	900[kg] (batteries included)
Motor	Advanced D.C. Motors, Inc.
type	DC series wound
rated power (@ 120V)	19[kW](1hr.), 32[kW](5min.)
size/weight	232, length 397[mm], 65[kg]
Controller	Curtis Instruments, Inc.
type	MOSFET PWM Chopper
operating frequency	15[kHz]
rated voltage/current	120[V]/400[A]
Battery	Japan Storage Battery Co.,Ltd. GTX-130E4 1L
type	lead acid
voltage/capacity	12 × 6[V]/92[Ah](5hr)
weight	27.5[kg] × 6
CPU	PC9801NS/T (386SL, 20MHz)
weight	3.2[kg]
A/D & D/A converters	12bit, 8ch / 12bit, 2ch

2. 東大三月号の概要

エンジンの替わりに載せたモータは直流直巻モータで、1象限のMOSFETチョッパで駆動している。電流定格が大きいのが特徴であり、粘着現象を調べるために必要なスリップを引き起こすのに十分なトルクを発生する。緒元を表1に、構成を図3に示す。

装置の第一の目的はかねてより提案している1軸での増粘着制御、すなわち、直流モータの分巻特性をまねることによる粘着特性向上の効果を確認することである。そこではモータの高速なトルク応答を利用する必要がある。搭載されている直流直巻モータを強引に電流制御した上で、速度センサからのフィードバック情報を用いて、ソフトウェアでトルクの垂下特性を実現するようにしている。

装置の特徴を以下に列挙する。

- ・ノート型パソコンにA/D・D/A変換器を接続し、アクセルペダルからの指令、モータ端子電圧、電流センサ出力、モータ回転数などの情報を高速に取り込む。これらの電源は12V電池から供給される。

- ・ソフトウェアで組んだデジタルコントローラでチョッパを制御する。制御動作はC言語で記述し、センサ出力読みとり、制御計算、D/Aを通じたトルク指令出力までの一連の制御を1msの周期で実行し

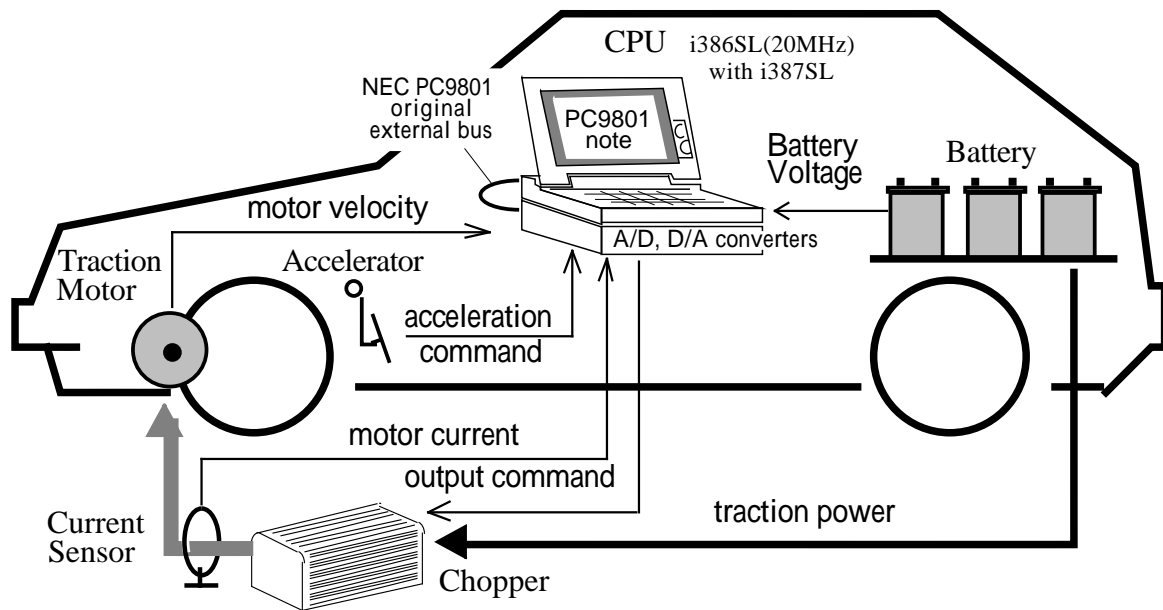


図3 東大三月号の構成

ている．制御器をソフトウェアで構成しているため、さまざまな制御手法が実現可能である．ゲイン調整なども簡単に行える．

・実験中にサンプルした各種のデータを記録できる．データは随時メモリに蓄え、車両停止の後にディスクに書き込む方式とした．8種のデータを最大約2万点分記録することができる．

3. 増粘着制御について

単にアクセルペダルの指令をトルク指令とする既存の方式では、車輪速度によらず指令どおりのトルク電流が流れるので、車輪がスリップした場合も車輪は加速され続ける．

これに対し、たとえば、電流値の指令をモータ特性の逆システムを介し、電圧指令としてフィードフォワード的に与えるような方式では、マクロな時間スケールで見れば電流制御であるが、ミクロに見れば直流モータの定電圧特性が優勢となり、スリップの発生に対して急峻なトルクの垂下特性をもつため、車輪速の急増を抑えることができる．

紙面の都合で結果を載せる余裕はないが、図4のような車体のシミュレーションモデルを用いてその効果を確認している．

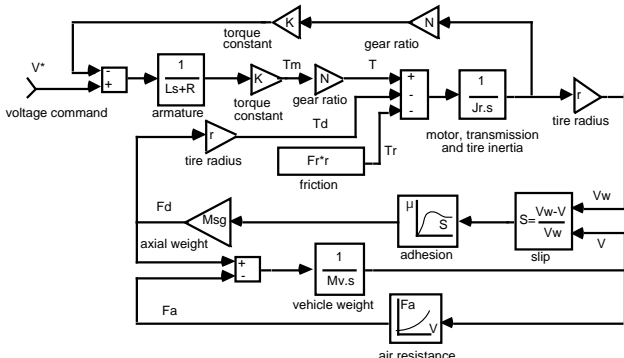


図4 車体のシミュレーションモデル

4. 基本特性の測定

東大三月号では、まず高速なトルク制御を実現し、その外側に施す増粘着制御ループによって、今までにない運動制御を行おうとしている．本格的な実験はこれからである．本稿では、図5に、ステップ状電流指令に対する応答を計測した結果を示す．

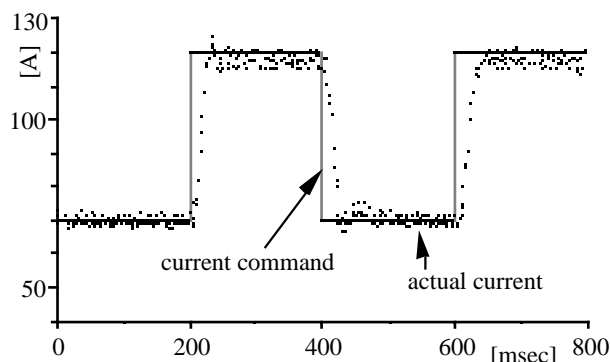


図5 モータの電流応答(実測)

5. あとがき

以上、古谷を中心に、すべてを学生の手作で製作した、実験用電気自動車「東大三月号」の概要を報告した．今後、マイコンを用いたデジタル制御によって、電気モータの速いトルク応答をいかしたさまざまな制御方策を試みる予定である．

増粘着制御が実現できれば、低損失タイヤの使用によって一充電走行距離は飛躍的に向上するはずであり、電気自動車のメリットが生きてことになる．

参考文献

- [1] 古谷武大,堀洋一: 電気自動車の増粘着制御に関する基礎検討, 電気自動車研究会研究発, 2-2, 1995.4
- [2] T.Furuya, Y.Toyoda and Y.Hori: Implementation of Advanced Adhesion Control for Electric Vehicle, Proc. of IEEE Workshop on Advanced Motion Control, 1996.3