

【大学シーズ情報】 ※印の項目は必須項目ですので、ご記載ください。

◇本事業では、大学の「知財」「技術シーズ」全般を取り扱います。

特許の有無は問いません。

大学名 長岡技術科学大学

<p>※ 研究 タイトル</p>	<p>多軸系のトルク飽和と協調動作を考慮したアクチュエータ制御法</p>
<p>※ 研究者の所属学部 学科、役職、氏名</p>	<p>長岡技術科学大学・電気系・教授・大石潔</p>
<p>技術のポイント</p>	<p>複数軸を持つメカの各軸のトルク飽和発生した場合に、軌跡誤差を低減し、曲線加工等を高速かつ高精度に行うことのできる制御方法の提案</p>
<p>現在の研究開発段階</p>	<p>A 基礎研究段階 ・ B 試作段階 ・ C 実用化段階</p>
<p>※ 技術の紹介</p>	<p>従来より、サーボモータとボールねじを用いた X-Y テーブルを対象とし、図 1 と図 2 に示す外乱オブザーバを用いたロバスト加速度制御系に基づく軌跡追従制御に対してトルク飽和を考慮した方法を提案され、1 軸動作では、実験的にその有効性を確認してきた。これは外乱オブザーバを用いて外乱補償成分と加減速トルク成分に別けて考慮する Torque Limitation Algorithm (図 3 参照) を用いている。しかしながら、多軸系のシステムでは 1 軸のみがトルク飽和を起こした場合でも軌跡誤差を生じてしまうため、トルク飽和を起こしていない軸のトルク電流参照値も目標軌跡から外れないように調整する必要がある。この従来法は外乱補償成分を維持し、加減速トルク成分を各軸協調項としてトルク電流次元の許容率で各軸の協調を行っている。</p> <p>図 1 外乱オブザーバを用いたロバスト加速度制御系 Fig. 1. Robust acceleration control system by disturbance observer</p>

しかし、この方法ではY軸がトルク飽和時に飽和を起こしていないX軸のトラッキング誤差が大きくなり軌跡誤差を生じてしまっていた。これは式(1)に示すように、加速度を $\alpha$ 、位置を $\theta$ 、そしてその修正値を $\tilde{\alpha}$ と $\tilde{\theta}$ すると、その許容率は必ずしも同じではなく、トルク電流次元の許容率で各軸を協調しても、軌跡を合わせることができないからである。したがって、多軸系の軌跡追従制御を行う場合には位置の次元で各軸を協調しなければならない。

$$\frac{\tilde{\alpha}}{\alpha} \neq \frac{\tilde{\theta}}{\theta} \quad (1)$$

そこで、ロバスト加速度制御に基づく軌跡追従制御に対して、新しい多軸系の協調動作を位置次元で考慮した Torque Limitation Algorithm を提案する。この提案手法を用いることでトルク飽和発生時に協調される軸を最適に調整することができる。提案する手法を図2のロバスト加速度制御に基づく軌跡追従制御系に適用する。

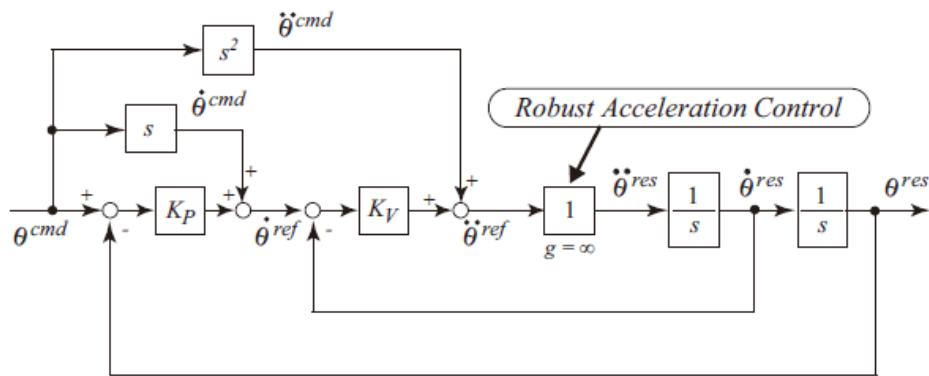


図2 ロバスト加速度制御系に基づく連続軌跡追従制御系

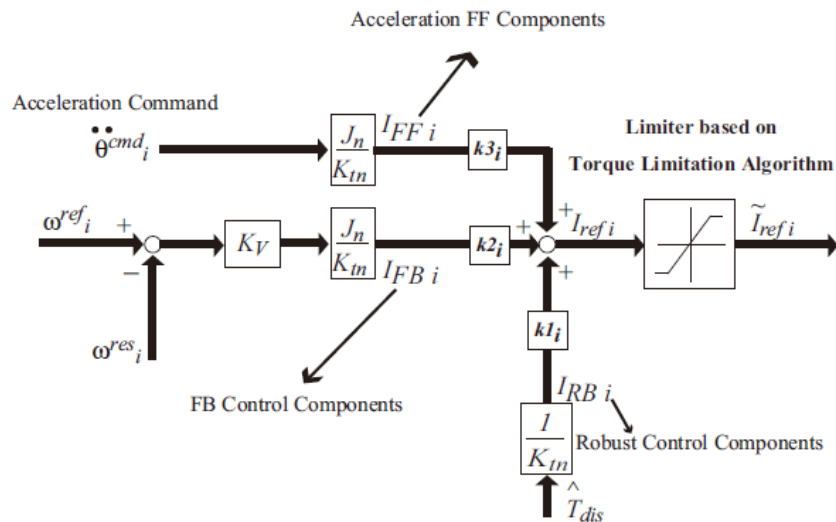


図3 ロバスト加速度制御系のトルク飽和対策のイメージ図

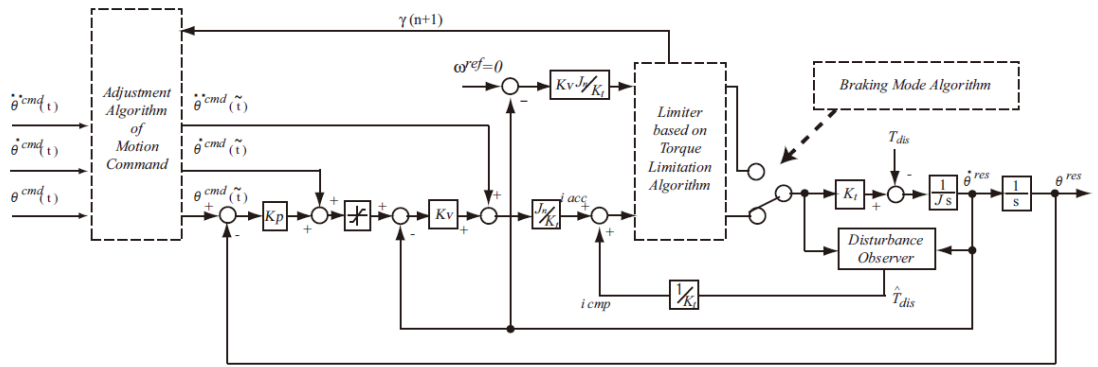


図4 提案する多軸系のトルク飽和と協調動作を考慮したアクチュエータ制御法

図4に示す提案手法は1軸でもトルク飽和が発生した場合には、各軸に最適なFF電流 $\bar{I}_{FFi}$ を軌跡から、ずれないように調整した位置指令から逆算することで算出し、各軸にトルク電流参照値を調整するアルゴリズムである。図5の実験結果に示すように、従来のTorque Limitation Algorithmではトルク電流次元の許容率で各軸の協調を行っており、ロバスト加速度制御に基づく軌跡追従制御系に適用した場合にはトルク飽和時に協調される側の軸がトラッキング誤差を生じ、そのために軌跡誤差が大きくなっていった。提案手法では、図6に示すように、トルク飽和を起こすような高速な軌跡指令値に対して最適な調整を行うことで良好な軌跡追従を達成することが可能である。実機実験により本提案手法の有効性を確認できる。

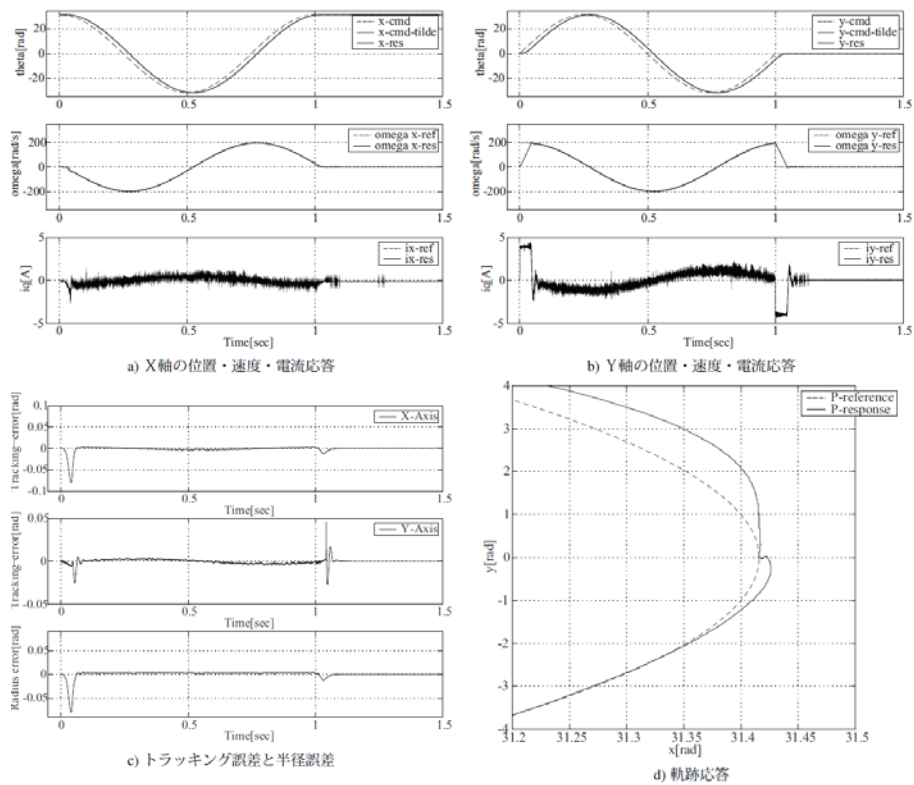
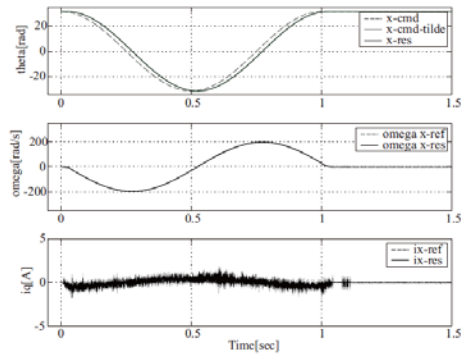
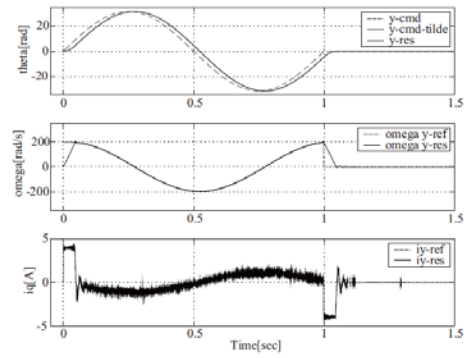


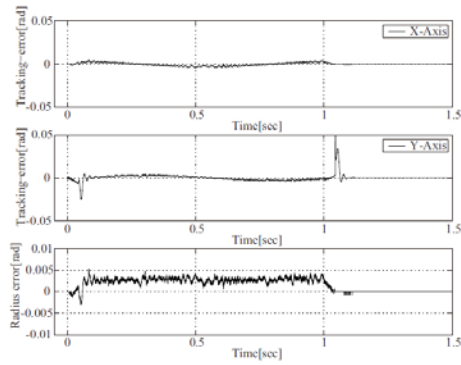
図5 従来法の実験結果



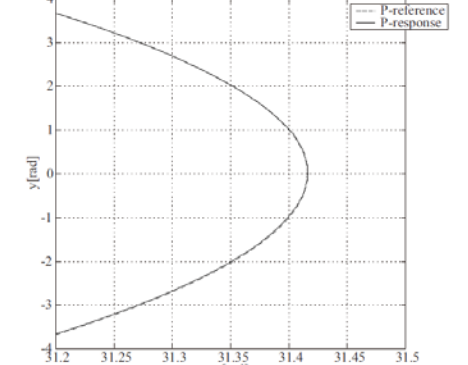
a) X軸の位置・速度・電流応答



b) Y軸の位置・速度・電流応答



c) トラッキング誤差と半径誤差



d) 軌跡応答

図6 提案法の実験結果

<p>研究の背景</p>	<p>近年、産業界における各種工作機械系や半導体製造装置等の位置決め装置では、生産性向上を目的とした高速・高精度な制御系が求められている。さらに、システム全体の低コスト化の要求から、このような位置決め装置に、ワット数の小さなサーボモータと安価なボールねじを用いた送り駆動系が位置決め機構に多く使用されている。このような位置決め機構では、高速かつ高精度なモーション制御を行う際にモータの定格以上の速度指令や大きな加減速トルク指令が必要となり、そのため飽和現象を引き起こしモーション制御性能が著しく低下する。また、軌跡追従制御を行う場合には各軸の協調動作を行うことができずに目標軌跡を追従できないという問題がある。この問題を解決する必要がある。</p>
<p>従来技術より優れている点</p>	<p>ロバスト加速度制御に基づく軌跡追従制御に対して、新しい多軸系の協調動作を位置次元で考慮した Torque Limitation Algorithm を提案している。この提案手法を用いることでトルク飽和発生時に協調される軸を最適に調整することができる。従来の Torque Limitation Algorithm ではトルク電流次元の許容率で各軸の協調を行っており、ロバスト加速度制御に基づく軌跡追従制御系に適用した場合にはトルク飽和時に協調される側の軸がトラッキング誤差を生じ、そのために軌跡誤差が大きくなっていった。提案手法では、トルク飽和を起こすような高速な軌跡指令値に対して最適な調整を行うことで良好な軌跡追従を達成することが可能である。この点が優れている点である。</p>
<p>※技術の用途イメージ</p>	<p>工作機械やロボットなどで複数の軸（関節）を使う用途で、連続軌跡追従制御や同期性求められる多軸協調動作を行う作業に適している。</p>
<p>中小企業への期待</p>	<p>アルゴリズムだけなので、ソフトウェアだけで性能アップができる。汎用のサーボ系を CPU や DSP のソフトウェアの改良だけで大きく改善させるので、是非、導入を期待したい。コストアップがほぼ無いと考えられる。</p>
<p>知財情報 (注) 特許番号がありましたら記載ください</p>	<p>特願 2007-53829、特願 2007-53861</p>