



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | ターゲット衛星近傍を飛行する宇宙ロボットの軌道計画と誘導制御  |
| Author(s)    | 菅原, 正行  |
| Citation     | 大阪大学, 2005, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/45934">https://hdl.handle.net/11094/45934</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | 菅 原 正 行<br><small>すが はら まさ ゆき</small>            |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (工 学)  |
| 学 位 記 番 号     | 第 19588 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 17 年 3 月 25 日                                 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>基礎工学研究科システム人間系専攻             |
| 学 位 論 文 名     | ターゲット衛星近傍を飛行する宇宙ロボットの軌道計画と誘導制御                   |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 宮崎 文夫<br>(副査)<br>教 授 吉川 孝雄 教 授 辻本 良信 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

地球周回軌道上の人工衛星（ターゲット）に対するサービスとして、ターゲットの修理や軌道外投棄を目的とした軌道保全システムのニーズが高まっている。このようなシステムでは、自律的な宇宙ロボット（チェイサ）がターゲットを捕獲するために外観検査のための周回と接近を行うことが必要となる。将来的な宇宙サービスにおいては、小型かつ低コストなチェイサが有望であり、しかも少ない燃料消費、衝突回避のための安全な接近、そして外乱の影響下における軌道維持の能力を備えていなければならない。本研究ではチェイサに搭載されているシステムが十分な計算能力をもっておらず、ターゲットはチェイサに対して協力的な装置を搭載していないと仮定する。そこで、チェイサに搭載された画像センサによる角度情報のみを観測できるシステムを想定し、特に上記のような能力に重点をおいたターゲットへの接近問題を考える。

ターゲットの周りを飛行するチェイサの運動は Hill の方程式として知られる線形相対運動方程式で記述され、このダイナミクスを有効に利用することで上記の条件を満たす接近軌道をインパルス的な速度変更によって提案する。外乱に対して軌道を安定化するために、偏差システムに基づいて最適フィードバック制御手法を用いる。また、フィードバック制御において必要となるチェイサの全状態量を推定するために、角度情報のみに基づいた拡張カルマンフィルタ（EKF）を適用する。提案した手法の性能は、現実的な状況を想定した計算機シミュレーションによって検証される。

また、軌道ダイナミクスに関わらずターゲットに接近する手法として、地上の飛翔体誘導に良く用いられる比例航法やボールの捕獲手法が挙げられる。これらの手法の特徴を利用し、角度情報のみから直接に制御力を導くフィードバック軌道制御手法をも提案し、その特性について議論する。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地球周回軌道上の人工衛星（ターゲット）に対するサービスとして、ターゲットの修理や軌道外投棄を目的とした軌道保全システムのニーズが高まっている。このようなシステムでは、自律的な宇宙ロボット（チェイサ）がターゲットを捕獲するために外観検査のための周回と接近を行うことが必要となる。将来的な宇宙サービスにおいては、小

型かつ低コストなチェイサが有望であり、しかも少ない燃料消費、衝突回避のための安全な接近、そして外乱の影響下における軌道維持の能力を備えていなければならない。本論文は、ターゲットはチェイサに対して協力的な装置を搭載していないと仮定してチェイサに搭載された画像センサによる角度情報のみを観測できるシステムを想定し、このような能力を具体化する手法について検討したものである。

ターゲットの周りを飛行するチェイサの運動は Hill の方程式として知られる相対運動方程式で記述される。このダイナミクスを有効に利用することにより、燃料消費、安全性の点で優れた接近軌道をインパルス的な速度変更によって実現できることを明らかにしている。また、この接近軌道を維持するために、角度情報のみに基づいた拡張カルマンフィルタ (EKF) および備差システムに基づいた最適フィードバック制御手法を導出し、現実的な状況を想定した統合シミュレーションによってその有効性を確認している。

一方角度情報のみから直接的に制御力を導くフィードバック軌道制御手法も提案している。本手法は、ターゲットへの誘導制御手法としてよく知られた比例航法では実現できない安全な接近誘導を可能にするものであり、ランデブー・ドッキングの自律化において有力な誘導制御技術になり得る可能性がある。

以上のように本研究は、将来的な宇宙サービスを支える技術の発展に大きく貢献するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。