

自動運航船の実現に向けた制御技術の開発

地球総合工学専攻 船舶海洋工学部門
船舶知能化領域 教授 牧 敦生

1. はじめに

私は、2017年1月16日に船舶海洋工学部門に准教授として着任し、その後2023年4月1日付で教授へ昇任をさせていただきました。本学に着任するまでは、2009年3月に大阪大学で学位を取得した後、同年4月より神戸大学大学院海事科学研究科の연구원として、2010年4月より防衛省技術研究本部の技官として、継続的に船舶海洋分野の実務的な研究開発に従事してきました。本学に着任してからは、学問的な研究に大きく舵を切り、力学系理論や確率理論を軸とした船の転覆現象などに関する研究を行ってきました。一方、私の本学への着任と時を同じくして、船の自動運航技術に関する研究が盛んになりました。着任してすぐの頃、西川博之君という優秀なB4学生と一緒に、図1のような船の着栈を、自動化するための研究を始めました。その後、あっという間に、この研究分野がホットになり、今となっては自分の研究の軸がこちらに完全に置き換わってしまいました。そのため、ここでは、手がけている研究テーマの中から、自動離着栈制御に関するトピックをご紹介します。



図1 ダイナミックな船の着栈の様子

2. 低速航行する船舶の操縦運動システムの同定

後述する船舶の自動制御の研究を始めた際、そもそも船舶の操縦運動システム（すなわち運動方程式）を如何にモデル化するか、という点でつまづきました。運動方程式が分からなければ、制御器を構成することができません。運動方程式から得られる軌道が余りに実船のそれとかけ離れていると、制御アルゴリズムが正しく機能するかを確認もできません。今後、自動運航に関する制御アルゴリズムの認証制度のようなことが行われるようになると、船の運動方程式を効率的に求めるための技術が重要になると考えられます。日本の造船産業は世界トップクラスの実力を有しており、船の操縦運動に関する研究でも世界をリードし続けて



図2 模型を用いた自走試験の様子

きました。特に、大学などの研究機関や造船所が独自の試験・実験設備を有しており、技術的蓄積もかなりのものになります。我が国のように大掛かりな試験設備を各機関が有している場合、運動方程式を求める作業はあまり障壁にはならないのですが、そうでない機関のエンジニアにとって、この点は大きな壁でした。そこで私たちの研究グループでは、船の運航データから運動方程式を逆算する、いわゆるシステム同定に本腰を入れることにしました。図2はそのような目的のため、模型船実験を吹田キャンパス構内の犬飼池で行っている様子です。手法としては至極単純で、運航データに近い軌道を出力するような運動方程式の係数群を、少し規模の大きい最適化問題を解くことで求める、というたったそれだけです。一方、

新任教授紹介

仮定する運動方程式の形、適用する最適化手法の選択、安定して解を探索するための工夫など、実務レベルに落とし込もうとすると、細かい問題が山積みでした。最適化数学を専門とされている筑波大学の秋本洋平先生との共同研究を行い、これらの問題を、ある程度は潰すことができました。一方、そもそも実船の観測量にはノイズが多く含まれ、係数も必ずしも定数として決定できないのではないかと考えています。そのため、一意の解を求めるのではなく、係数を確率的に扱うような、全く新しい手法を確立するべく、現在研究を行っています。

3. 自動制御について

運動方程式が得られれば、具体的に制御則を組み立てることができます。船は巨大な構造物で、場合によっては全長 400m に至るものもあります。ところがそれだけ巨大な船であっても、港に最終的に着岸するには、秒速 3cm 程度でゆっくりと着ける必要があります。そのため、制御アルゴリズムのみならず、位置や速力を正確に計測するセンシングについても同時に検討をしています。

本稿では、主に制御に関する研究を簡単に紹介します。船はあまりに大きく、俊敏な動きは期待できません。そのため、制御に際しても、制御対象の動きが緩慢であることを常に念頭に置く必要があります。我々の研究グループが得意としている技術は、人間の船長が行うようなリアルな着岸軌道を自動生成する計算法です。

1章で紹介をした西川博之学生との研究では、離着岸経路の最適化アルゴリズムについての研究を行いました。その研究を端緒として、現在では、より現実的な船長のような離着岸経路を自動生成するアルゴリズムの研究にシフトしています。我々の研究グループでは、内航オイルタンカーの船長に操船に対する考え方をヒアリングし、その上で、該船の膨大な量の運航データを統計解析しました。その結果、船長がどの点に留意して航路を決定しているかをデータから明らかにし、それらを陽に考慮した安全な参照軌道の自動生成アルゴリズムを完成させました。入港前に参照用の着岸軌道を生成できれば、あとはこれをトラッキングすることで、自動離着岸を確実に安全に行うことができるようになりました。トラッキング制御も学生の興味などに応じ、非線形制御や機械学習など、様々なものを用いていますが、すべての制御において、上述のアルゴリズムにより生成された軌道を参照する形となっています。

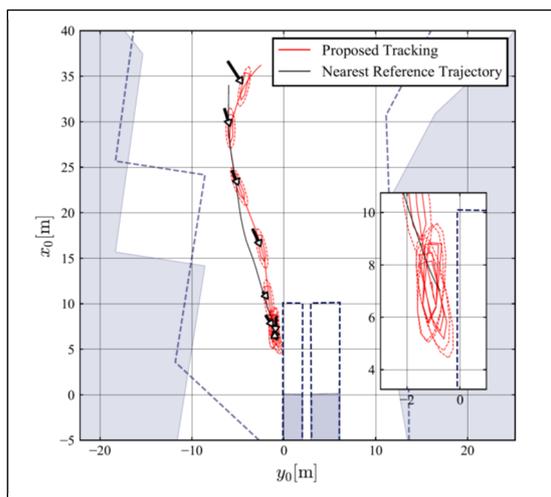


図3 トラッキング制御の結果

4. おわりに

船舶海洋工学分野は、「船」という具体的かつ規模の大きな Application の場を有していることが最大の強みです。そのため、いざ実証となると、大型船を使った海上での制御実験すらも可能です。さらに、本領域の研究ターゲットは制御工学であり、他分野との協同ができるという特色を有しています。現在もすでに、本学で制御工学を専門としている機械工学専攻の佐藤訓志先生とも、制御の数学的な部分でご協力をいただいています。このような横断的なつながりを今後も益々発展させつつ、自動運航船の研究開発を進めてまいります。

(大阪大学 地球総合工学科 2006 年卒
地球総合工学専攻 2007 年前期 2009 年後期)