

論文の内容の要旨

論文題目 港湾物流における AGV 搬送システムの設計に関する研究

氏名 星野 智史

本論文では、港湾物流における AGV (Automated Guided Vehicle) 搬送システムに対する設計方法論の提案を行う。そのため、AGV が主要な作業機器として稼働している AGV 搬送システムを設計対象とする。なお、本搬送システムにおいて、AGV はそれぞれ自律的に行動することができる。そして、本論文では、(I) 搬送システムを一から設計していく場合、(II) 既存の搬送システムにおいて要求仕様の変更に対する改善・改修設計を行う場合、の二つの設計に焦点を当てる。本搬送システムには、AGV の他にも作業機器として埠頭クレーンである QCC (Quay Container Crane)、自動門型式移動クレーンである ATC (Automated Transfer Crane) や天井クレーンである OHC (Overhead Hoist Crane) などが稼働している。これらも AGV と同様に、それぞれ自律的に行動することができる作業機器となる。

本論文では海上輸送から陸上輸送といった大域的なコンテナ物流のうち、港湾コンテナ物流に関して、“港湾ターミナルに入港したコンテナ船より運び込まれたコンテナ群が、多種多様な機器により、ターミナル内の所定の蔵置場所までそれぞれ搬送ならびに蔵置されていく作業の流れ”のことをコンテナ搬送システムとして定義する。そして当該搬送システムにおける効率的なコンテナ物流の実現を目指す。本論文における搬送システムの設計とは、ある搬送完遂時間や搬送すべきコンテナの数が与えられた際、これらの要求に対して、当該搬送システム内において作業を行うさまざまな機器の投入台数、搬送システムのレイアウト、ならびにそれらを効率良く稼働させるための運用法について設計することを意味する。

港湾コンテナターミナルに自動搬送システムを導入する際、ターミナルのスペースに一から搬送システムを設計する場合と、すでに操業している搬送システムに対して、それらを改善あるいは改修するかたちで再設計を行う場合とで、それぞれ設計の具体的なアプローチが異なってくる。そこで本論文では、これら 2 つの場合について、それぞれ設計(I)ならびに設計(II)とし、扱う問題の違い、またそれにとまなう設計アプローチの違いなどを明確にしながら議論を進める。

設計(I) に対して、港湾物流における搬送システムには上述したさまざまな機器が投入され、それぞれが決

められた作業を実行している。したがって、当該搬送システムは大規模かつ複雑であり、従来その設計方法に関しては、現場設計者の熟練度に依存した試行錯誤的なものにとどまってきた。そのため、設計段階には膨大な時間を必要としてきた。このような従来の設計現場における問題に対するブレイクスルーとして、本論文では、さまざまな要求仕様、すなわち搬送完遂時間や、コンテナの数に応じた AGV 搬送システムの設計を、短時間で正確に行うための方法論を提案する。その際、作業機器の投入台数とそれに連動して変化する機器の作業時間をいかにして見積もるかが、搬送システムの最適設計方法論を提案する上でのチャレンジングポイントとなる。このチャレンジングポイントに対し、本論文では数理モデルとして待ち行列ネットワーク理論と実搬送システムを模倣するための搬送シミュレータをハイブリッドに組合せた設計方法論を提案する。

AGV 搬送システムのレイアウトを選定する際、すでに他の港湾において導入されているシステムレイアウトが選定の候補として考えられることがある。ここで、レイアウトの候補が複数挙げられる場合、それらを別々に発展させるのではなく、同等の要求仕様に対する最適設計を行い、設計結果に基づいた搬送システムの構築コストなどによって、それらの相対的な評価がなされなくてはならない。そのため、ある同等の要求仕様に対して、それらのレイアウトに基づいた AGV 搬送システムの最適設計を行い、その結果、得られたコストパフォーマンスを比較するなどといったことを行う必要がある。本論文では、港湾コンテナターミナルとしてもっとも代表的なレイアウトである垂直型と水平型の AGV 搬送システムを設計対象とする。このとき、本来であれば各搬送システムの運用までを同時に考慮した上で、要求仕様に対する適切な作業機器の投入台数を設計しなくてはならない。しかしながら、ここでは相対的な評価を行うという観点より、運用モデルは従来型のシンプルかつ天下りのなものにとどめ、さまざまな要求仕様に対する作業機器の最適な投入台数を算出する。

続いて、相対的な評価によりどちらか一方の搬送システムの有効性が示されたら、それに対する運用までを同時に考慮したシステム設計を行う。本論文では、港湾物流におけるコンテナ搬送に注目しているため、ここでは、コンテナの船から蔵置場所までの流れをいかにして効率良くするか、ということに着目する。その際、冒頭でも述べた通り、本論文で扱う AGV 搬送システムには、多種多様な作業機器がいるため、作業機器群の投入台数の他に、運用モデルとして、搬送システム内における協調行動則、コンテナ蔵置計画、コンテナ搬送計画を設計対象とする。そして、当該システムに対するもっとも効率的な運用モデルについて明らかにする。

一方、設計(II) に対しては、既存の搬送システムに対する、要求仕様の変更にもなう改善・改修設計のための設計支援方法論を提案する。港湾管理者にとってコンテナ船の停泊時間は、作業を管理する上でもっとも重要な要素となる。そのため、船の停泊時間が短くなったり、コンテナ船に積み残されているコンテナの数が従来と比べ増大した場合、既存の搬送システムを改善あるいは改修することにより、対応することが求められる。ただしその際、設計(I) ではさまざまなパラメータを設計対象にしなが設計が行えたのに対し、設計(II) の場

合では常に既存システムの制約を考慮しなくてはならないといった問題が存在する。すなわち、設計(II)では、搬送システムの抜本的な設計変更は困難であり、可能な限り部分的な改変により要求仕様を満たす搬送システムを構築しなくてはならない。本論文では、従来のシミュレータをベースにした、あるいは定点観測による実験的な再設計方法論ではなく、待ち行列ネットワーク理論をベースにしたハイブリッドな設計方法論を適用し、搬送システム内に生じている AGV 群の搬送渋滞の様子などを数理的に解析する。また、それらに対する改善設計案をロジックツリーとして網羅的に提示する。さらに、搬送システムに対するバランシングも考慮する。すなわち、搬送システムのスペックを与えたとき、それに対する妥当な要求仕様、さらにそれに対する適切な作業機器の投入台数を算出する。最後に、提案する設計支援方法論の有効性の検討を行うため、実際に操作している搬送システムを対象に、要求仕様の変更に対する、システムの改善設計を行う。