

製品技術紹介

冷凍冷蔵仕様自動運転フォークリフト (AGF) の開発 Development of Automated Guided Forklift with Cold Storage & Refrigeration Specifications

小川透^{*1} 早川誠^{*1} 栗山泰^{*1} 青山茂樹^{*1}
Toru Ogawa Makoto Hayakawa Yasushi Kuriyama Shigeki Aoyama

*1 トヨタL&Fカンパニー AR開発部

要旨 従来の「Rinova AGF」に対し、自動運転時の安全性・使いやすさ・有人/無人切替運用を踏襲しつつ、結露、もや、低温に対応する技術を開発することで、冷凍庫-25℃～冷蔵庫+10℃間の移動を可能にし、かつ-25℃冷凍庫内に60分稼働可能な特定顧客向け冷凍冷蔵仕様自動運転フォークリフトを実現した。これにより、低温環境下で長時間労働することによる作業負担軽減が可能となった。

キーワード: 冷凍、自動運転フォークリフト、結露、もや、低温

Abstract In comparison with the conventional "Rinova AGF", we have newly developed technology to solve problem of condensation, mist and low-temperature while following safety during automated control, ease of use as well as switching operation between Ride-on / Automated control. We have developed Automated Guided Forklift with cold storage & refrigeration specifications for specific customer that can travel between -25℃ freezer and +10℃ refrigerator, and operating for 60 minutes in -25℃ freezer. This has made it possible to reduce the physical strain of the operators due to long working hours in low-temperature environment.

Keywords: Freezer, Automated Guided Forklift, condensation, mist, low-temperature

1 はじめに

近年、少子高齢化社会がもたらす労働人口の減少とともに物流現場においても人材確保が困難となってきた。これにより自動機器への需要が増加し急速に自動化市場が拡大しつつある。

これらの要望に応えるため2018年安全性・使いやすさを向上させた自動運転フォークリフト「Rinova AGF」(以下、AGF)を市場投入し、販売台数の増加に結び付けている。

一方、低温物流業界では低温環境下での長時間労働による作業負担軽減のニーズが高まっている。

従来AGFは冷蔵庫内移動のみを行い、冷蔵庫から冷凍庫への移動、冷凍庫内移動は有人フォークリフトが行っていた(図1)。

今回、従来AGFに対し自動運転時の安全性・使いやすさ・有人/無人切替運用を踏襲しつつ、冷凍庫(-25℃)と冷蔵庫(+10℃)間を移動可能かつ低温環境下(-25℃)にて60分稼働可能な冷凍冷蔵仕様AGFを新規開発した(写真1)。

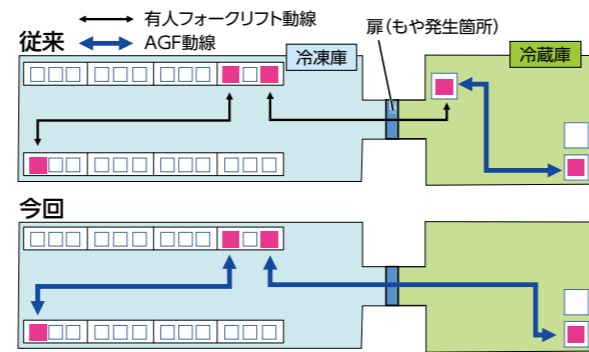


図1 有人フォークリフトとAGFの作業範囲
Fig.1 Workspace of forklift and AGF

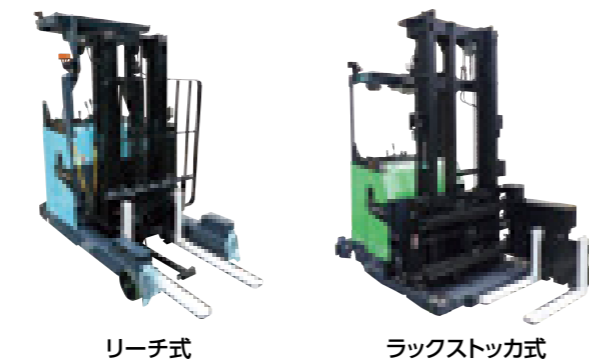


写真1 冷凍冷蔵仕様AGF
Photo1 AGF with cold storage & refrigeration specifications

2 製品の特長

2.1 冷凍庫と冷蔵庫間移動の実現

AGFが冷凍庫と冷蔵庫間を移動すると、冷凍庫で冷やされた電子機器が冷蔵庫の温かい空気に触れることにより機器結露が発生し、車両の誤動作につながる。また、冷凍庫と冷蔵庫間の扉が開くと、冷蔵庫の空気中水分が冷凍庫の冷たい空気に急冷され、もやが発生する(写真2)。従来AGFに安全装置として搭載しているセンサはもやを誤検知し、AGFは動作を停止してしまう。

今回は従来AGFをベースに、有人フォークリフト(冷凍冷蔵庫仕様オプション)の機能モジュールを流用しつつ、AGF搭載のコントローラやセンサに対し結露防止機構、もや誤検知防止機能を採用し、冷凍庫と冷蔵庫間の移動を可能とした。



写真2 もやの発生状況
Photo2 Occurrence of Mist

2.2 低温環境下(-25℃)での60分稼働の実現

冷凍庫内で長時間稼働を続けると、機器が温度低下し稼働継続が困難になる。

例えば、ラックストックカ式では荷役停止用センサが温度低下すると、自動運転に必要な停止精度が確保できない。今回は機器・センサへ温度低下防止措置を行い低温環境下(-25℃)での長時間稼働(60分)を可能とした。

これらの実現により、過酷な環境下における自動化領域が拡大し、作業負担軽減・高付加価値業務への人員投入を可能とした。

3 開発内容

3.1 構造概要

車両各部に結露、もや、低温への対応を行った(図2)。

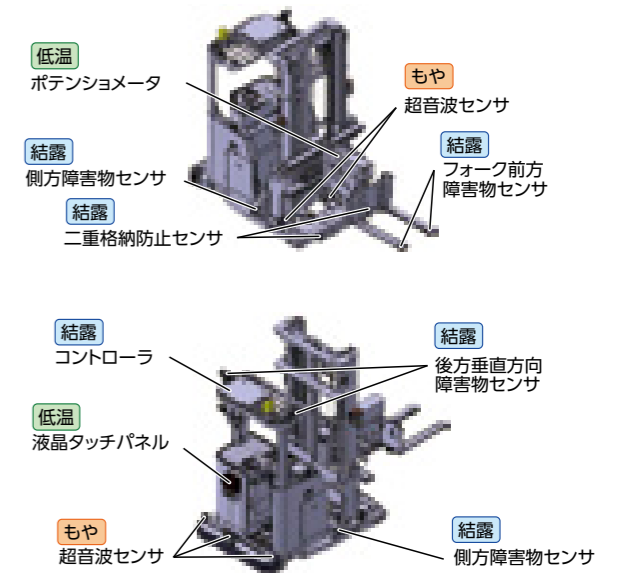


図2 構造概要(ラックストックカ式)
Fig.2 Structural outline (Rack stocker type)

3.2 結露防止機構

1) コントローラへの対応

従来AGFのヘッドガードに搭載しているコントローラは密閉構造ではないため冷凍庫と冷蔵庫間の移動に伴い、内部電子機器に結露が発生する。そこで、電子機器を樹脂製ボックスに収納し空気の入出りを遮断することにより、結露防止を図った(図3)。

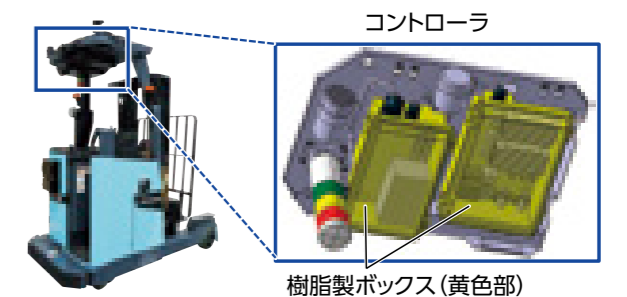


図3 コントローラの結露防止構造
Fig.3 Condensation prevention structure of the controller

2) 障害物センサへの対応

AGFは安全装置として走行経路上で人や物を検知した際、減速・停止する障害物センサ(光学式)を搭載している。このセンサ本体が、冷凍庫内で冷

却された状態で冷蔵庫に移動した場合、レーザ走査面が結露により曇ることで、誤検知が発生し、減速・停止を繰り返すことで、作業遅れが発生、もしくは自動運転継続が困難となるおそれがある。

この課題解決のため、メーカーと協業し、透明シートヒータ (以下、シートヒータ) をレーザ走査面に貼付け、表面温度制御により結露防止可能なセンサユニットを開発した (図4)。

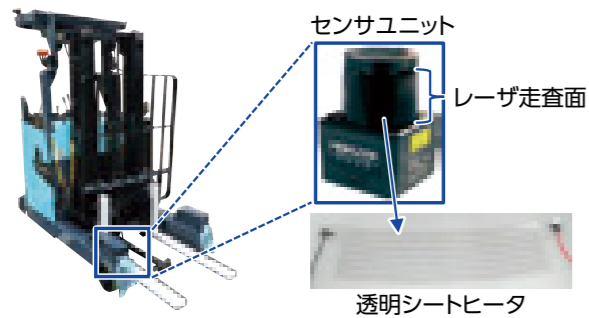


図4 結露防止のためのセンサユニット
Fig.4 Sensor unit for condensation prevention

試作品評価の過程で、シートヒータ貼付け面に気泡が発生し、その気泡を人や物として誤検知する課題があることが判った (図5)。

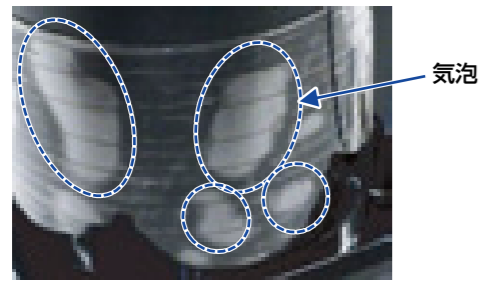


図5 気泡発生状況
Fig.5 Bubble generation

調査した結果、レーザ走査面に含まれる水分がシートヒータで温められ気泡に成長したことが原因と判明した (図6)。

そのため、レーザ走査面を加温、水分除去後にシートヒータを貼付けることで、気泡発生を防止する対策とした^[1]。

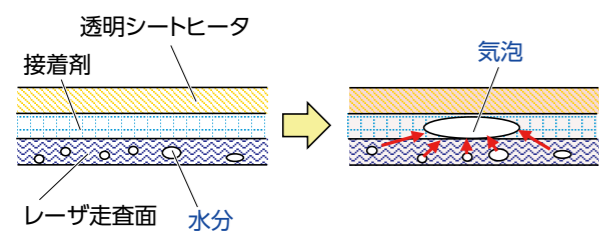


図6 気泡発生メカニズム
Fig.6 Bubble generation mechanism

3.3 もや誤検知防止機能

前述の障害物センサ (光学式) はレーザ走査面からレーザ光を照射し障害物に反射し戻ってくる時間から障害物の有無・距離を判断する。レーザ光はもやを透過できないため、障害物として誤検知する (図7 a)。

そこで、もやを検知しない手段として、超音波センサを採用した (図8)。このセンサは超音波で障害物の有無を検知するため、もやを透過し、人や物を検知可能である (図7 b)。ただし、超音波センサは周囲環境ノイズの影響を受けやすい。そのため、障害物センサと切替運用することで、実用性と安全性の両立を実現した。(特許出願中)

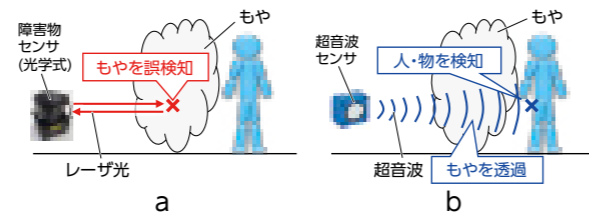


図7 もや検知状況
Fig.7 Mist detection status

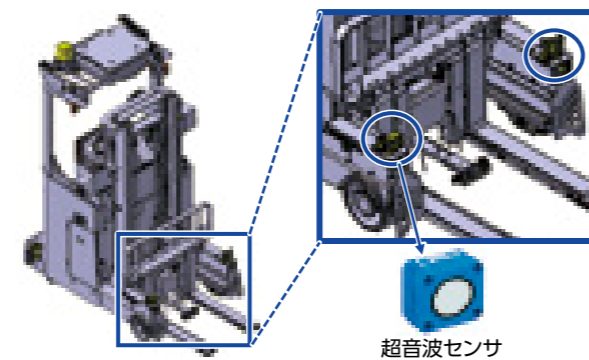


図8 超音波センサの配置
Fig.8 Placement of the ultrasonic sensor

3.4 低温環境への対応

1) 機器の温度低下への対応

AGFは自動運転異常発生時の復旧操作に必要な液晶タッチパネルを搭載している。低温環境下で使用すると液晶画面切替わりに時間がかかり、復旧作業に支障が出る。これに対し温度低下を防ぐため、ヒータを液晶タッチパネルの前後に配置し挟み込んで温める構造を採用した (図9)。

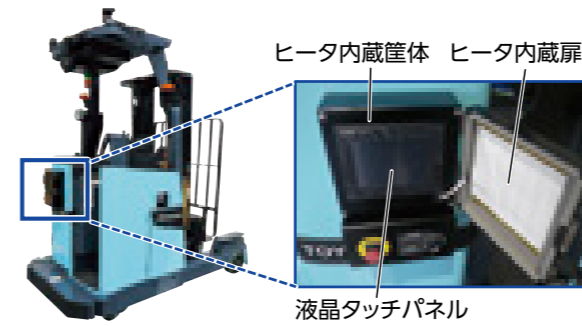


図9 液晶タッチパネルの低温対応
Fig.9 Low temperature support for liquid crystal touch panels

2) 荷役精度の確保 (ラックストック式のみ)

ラックストック式 (車両方向を変えず左右の棚へ荷役可能) は荷役装置の停止位置制御のためポテンショメータを使用している (図10)。

低温環境下では、ポテンショメータ検出値の直線性誤差が増大するため、荷役装置の停止位置がばらつき、自動運転に必要な停止精度が確保できない。

この課題に対し、ポテンショメータをヒータで温める方策を採用した。ポテンショメータ表面温度を一定に保持可能なptcヒータ^{*}を選定し、ヒータを弾性のある断熱材とポテンショメータの間に配置し、ボルト締付けによりヒータを密着させる構造とした (図11)。(特許出願中)

^{*}ptcヒータ: 半導体セラミックの特性を利用した自己制御機能を持つヒータ

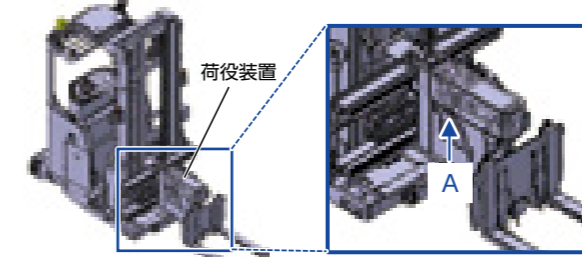


図10 ヒータユニットの配置
Fig.10 Placement of heater unit

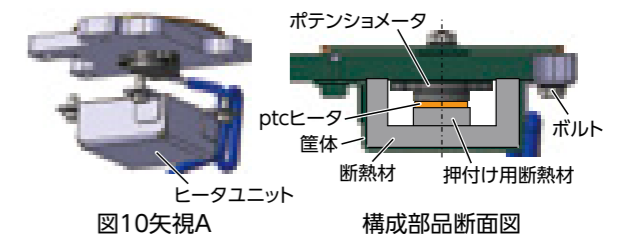


図11 ヒータユニットの構造
Fig.11 Structure of heater unit

4 まとめ

今回開発した冷凍冷蔵仕様AGFは従来AGFで得た知見・技術を活かしつつ、冷凍環境下の課題である結露、もや、低温に対応することで、お客様の負担軽減に貢献できる製品に仕上げることができた。

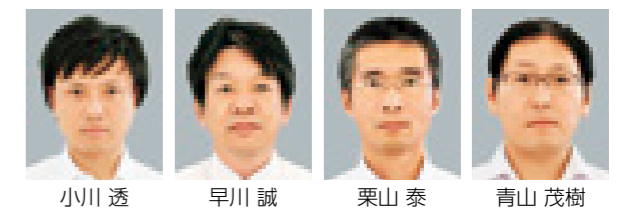
一方、冷凍庫内作業時間の更なる延長ニーズもあるため、今後も改良を重ね、物流業界をリードする製品開発につなげていきたい。

最後に今回の開発にあたり、多大な協力・サポートをいただきました社内外の関係者各位に深く感謝いたします。

■参考文献

- [1] 東亜合成グループ研究年報 (2014)
プラスチック板から発生するガスと粘着剤の発泡の関係
森穂高 白崎雅彦

■著者紹介



開発の経緯と開発者の思い

本開発では低温物流業界最大手の株式会社ニチレイロジグループ本社様と冷凍庫冷蔵庫における実証実験を約1年間実施しました。お客様使用環境でのもや発生については事前想定していましたが、実現場における梅雨から夏にかけての空気中水分量が多い日は、視界不良に至るほどのもやが発生。このような想定外の外乱環境課題等多くの知見を得ることができました。また、立っているだけでも大変な環境を体感し、お客様のニーズである作業改善に対応できたことを大変うれしく思います。

実証実験で多大なご協力を賜りました株式会社ニチレイロジグループ本社様に深く感謝いたします。

今後はさらに過酷な環境下での自動運転を実現することにより社会課題である労働力不足・労働環境改善に貢献していきたいと考えています。