

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進事業）
分担報告書

新型コロナ感染症収束後におけるロボット配膳システムと食品防御の課題

研究分担者 加藤 礼識 （茨城キリスト教大学 生活科学科 食物健康科学科 講師）
研究協力者 田崎ひなた （茨城キリスト教大学 生活科学部 食物健康科学科）
研究協力者 平子ほほみ （茨城キリスト教大学 生活科学部 食物健康科学科）
研究協力者 永野 衣祝 （別府大学 食物栄養科学部 発酵食品学科）
研究協力者 多川 優也 （別府大学 大学院 食物栄養科学研究科）
研究協力者 長田 瑞花 （奈良県立医科大学 公衆衛生学講座）

研究要旨

本研究は、飲食店において普及が進むロボット配膳システムについて、食品防御（Food Defense）の観点から課題を整理し、安全確保の方向性を検討することを目的とした。人手不足や人件費高騰、感染症対策を背景に導入が進む一方で、食品搬送中の監視体制の希薄化や、親和的デザインによる接触行動の誘発など、新たな脆弱性が生じている可能性が示された。販売代理店および導入店舗への聞き取り調査の結果、食品防御は店舗責任と認識され情報共有体制が未整備である実態が明らかとなった。一方で、配膳業務の自動化により人的余力を監視やサービス向上に再配分することで、安全性強化につながる可能性も示唆された。今後は人的監視の維持、物理的防御策の導入、情報共有体制の構築を柱としたガイドライン策定が必要である。

A. 研究目的

近年、飲食業界では慢性的な人手不足や人件費の高騰、新型コロナウイルス感染症流行下における非接触化ニーズの高まりを背景として、ロボット配膳システムの導入が急速に進展している。配膳業務の自動化は、省人化や業務効率化、感染リスク低減といった点で一定の効果を上げている一方、食品を搬送する主体が人から機械へと移行することにより、従来の運用体制では想定されていなかった新たなリスクが生じている可能性がある。

食品防御（Food Defense）は、故意による汚染や悪意ある行為から食品を守るための概念であり、衛生管理や HACCP とは異なる視点からの対策を必要とする。しかし、現在普及しているロボット配膳システムは、省人化や顧客サービス向上を主目的として設計されており、食品防御の観点が十分に組み込まれているとは言い難い状況にある。また、導入店舗、販売代理店、メーカー間における情報共有体制も必ずしも整備されていない。

本研究の目的は、ロボット配膳システム

導入に伴う食品防御上の脆弱性を明らかにするとともに、人的監視体制、物理的防御措置、情報共有体制の三側面から課題を整理し、実効性のある対策の方向性を提示することである。さらに、将来的なロボット配膳システムに特化した食品防御対策ガイドライン策定に資する基礎資料を得ることを最終的な目的とする。

B. 研究方法

本研究では、ロボット配膳システムにおける食品防御上の課題を多角的に把握するため、文献調査および質的調査を組み合わせた研究方法を採用した。

まず、文献調査として、厚生労働科学研究報告書、食品防御に関する国内外のガイドライン、関連する学術論文および行政資料を収集・整理し、食品防御の基本概念、従来の対策枠組み、および飲食店における適用可能性について検討した。これにより、ロボット配膳システム導入以前の食品防御対策の構造を整理し、本研究における分析視点を明確化した。

次に、質的調査として、ロボット配膳システム販売代理店2社および導入飲食店1社に対し、半構造化インタビューを実施した。主な調査項目は、①導入目的および運用体制、②食品防御対策の実施状況、③いたずら・過激接触等の発生状況、④トラブル発生時の対応主体、⑤製品仕様変更の可能性、⑥情報共有体制の有無、である。

インタビュー内容は記録・整理し、逐語録を作成した上で、テーマ別に分類・分析を行った。分析にあたっては、食品防御の観点から「人的監視体制」「物理的防御措置」「情報共有構造」の三側面に着目し、

構造的課題の抽出を試みた。

なお、調査協力企業および店舗の名称は匿名化し、倫理的配慮を行った。

C. 研究結果

本研究では、文献調査および販売代理店2社、導入飲食店1社への聞き取り調査を通じて、ロボット配膳システムの普及背景、運用実態、ならびに食品防御上の課題構造を多面的に整理した。その結果、ロボット配膳は単なる業務効率化ツールではなく、店舗内のリスク構造そのものを変化させる存在であることが明らかとなった。以下に、得られた知見を詳細に示す。

1. ロボット配膳システム普及の多層的背景

ロボット配膳システムの普及は、一過性の流行や技術的興味に基づくものではなく、飲食業界を取り巻く構造的課題の蓄積に対応する中で進展してきたものである。本研究の聞き取り調査および関連資料の整理から、普及の背景には大きく分けて「労働構造の変化」「経営環境の圧迫」「感染症対策の社会的要請」「サービス価値の再定義」という四つの要素が相互に作用していることが明らかとなった。

第一に、労働構造の変化である。少子高齢化の進行により生産年齢人口は減少を続けており、飲食業界は他業種と比べても人材確保が困難な状況にある。特に飲食店は、土日祝日や夜間勤務を含む不規則な労働形態であることから、若年層の就労選択肢として敬遠される傾向がある。また、外国人労働者に依存してきた店舗では、国際移動の制限等による労働供給の不安定化も経験している。このような状況下で、安定

的に配膳業務を担う代替手段としてロボットが注目されることとなった。

第二に、経営環境の圧迫である。最低賃金の継続的上昇は、労働集約型産業である外食産業に直接的な影響を与えている。人件費の上昇に対し、価格転嫁が十分に行えない中小規模店舗では、利益率の低下が顕在化している。そのため、固定費削減の一環として業務の自動化・機械化が検討されるようになった。ロボット配膳は初期投資を要するものの、長期的には人件費削減効果が見込まれるとの認識が広がっている。

第三に、感染症対策という社会的要請である。新型コロナウイルス感染症の流行は、飲食店の営業形態に大きな変化をもたらした。非接触型注文システムやセルフレジの導入が進む中、配膳業務においても対面機会を減少させる手段としてロボットが導入された。この経験により、ロボット配膳は単なる効率化装置ではなく、「安全・安心」を可視化する存在としても機能するようになった。感染症収束後も、衛生意識の高まりは継続しており、非接触型サービスへの需要は一定程度維持されている。

第四に、サービス価値の再定義である。近年の外食産業では、単に料理を提供するだけでなく、体験価値を提供することが重視されている。ロボット配膳は、その視覚的インパクトやエンターテインメント性により、顧客体験を向上させるツールとしても評価されている。実際に、ロボットを「客寄せ」の要素として活用しているとの回答も得られた。このように、経営合理性だけでなく、ブランドイメージや差別化戦略の一環として導入されている側面も存在する。

以上のように、ロボット配膳システムの普及は、労働力不足への対応という消極的要因と、サービス価値向上という積極的要因の双方によって推進されていることが明らかとなった。この多層的背景を理解することは、食品防御対策を検討する上で重要である。なぜなら、導入目的が省人化のみである場合と、サービス強化を含む場合とでは、店舗内の人的配置や監視体制の構築方法が大きく異なるためである。

したがって、ロボット配膳の普及は単なる技術導入ではなく、飲食業界における労働構造・経営戦略・社会的価値観の変化を反映した現象であり、その全体像を踏まえた上で食品防御の課題を整理する必要がある。

2. 食品防御上の新たなリスク構造

ロボット配膳システムの導入は、配膳工程の自動化という業務効率上の利点をもたらす一方で、食品防御の観点からは従来とは異なるリスク構造を形成している。本研究の聞き取り調査および現状分析から、これらのリスクは単発的な問題ではなく、「設計思想」「運用体制」「心理的要因」「情報構造」の複数要素が重なり合うことで生じていることが明らかとなった。

(1) 新奇性・親和性が誘発する接触リスク

現在国内で広く普及しているロボット配膳システムは、ネコ型をはじめとする親しみやすいデザインを採用し、音声や表情表示などのインタラクティブ機能を備えているものが多い。これらは顧客体験の向上や集客効果を目的とした設計であるが、食品防御の観点からは接触行動を誘発する要因となり得る。

特に児童や若年層では、移動するロボットに触れる、撫でる、ボタンを押すといった行為が自然発生的に起こりやすい。食品を搭載した状態で顧客の近傍を通過する構造は、意図的行為のみならず偶発的接触の可能性も高める。また、写真撮影や動画撮影を目的とした接近行動も見受けられるとの指摘があった。

従来の人による配膳では、配膳者自身が食品を保持しており、顧客が直接接する機会は限定的であった。ロボット配膳では食品が一定時間無人状態で移動するため、第三者が介入可能な空間が生じる点が構造的な違いである。

(2) 触知部と食品部の物理的分離不足

ロボット配膳システムの多くは、顧客とのコミュニケーション機能を重視した設計となっており、タッチパネルや外装部分への接触を前提としている。一方で、食品を載せるトレイ部分が物理的に十分保護されていない場合があり、触知部と食品部の明確な分離がなされていない事例が確認された。

食品防御の基本原則の一つは「物理的バリアの構築」であるが、現行の配膳ロボットでは、食品が開放空間に露出したまま搬送される構造が一般的である。カバーや蓋の装着は理論上有効な対策であるが、利便性や作業効率の低下、デザイン性の毀損を理由に採用されていない例が多い。

このように、顧客満足度向上を優先した設計思想が、食品防御の多層防御構造を十分に確保していない可能性が示唆された。

(3) 無人搬送時間帯と監視の空白

人による配膳では、配膳者が移動中も食品を直接管理しており、監視機能を自然に担っていた。しかしロボット配膳では、食品が自律的に店内を移動するため、搬送中に従業員の視線が必ずしも届かない時間帯が生じる。

省人化が進んだ店舗では、フロアスタッフの配置人数が少なく、全経路を常時視認することは困難である。特に混雑時やピークタイムでは、監視密度が低下する傾向があると指摘された。

この「監視の空白時間」は、意図的な異物混入や悪戯行為が発生し得る環境を構成する可能性がある。また、実際に重大事例が発生していなくとも、構造的脆弱性が存在すること自体がリスク評価上の課題となる。

(4) 心理的抑止力の変化

人の存在はそれ自体が抑止力となる。従業員が近くにいる環境では、不適切行動をとる心理的ハードルが高くなる。一方、ロボット配膳では、人の直接的視線が感じられにくく、心理的抑止力が低下する可能性がある。

特に集団心理が働く環境では、「機械相手である」という認識が行動規範を緩和させる可能性も否定できない。これは食品防御に限らず、機械化が進むサービス環境全般に共通する課題である。

(5) トラブル情報の未集約と制度的空白

販売代理店への聞き取りでは、いたずらや過度な接触の件数について体系的なデータ収集は行われていないとの回答が得られ

た。店舗内で発生した問題は個別に対応され、販売代理店や製造元へ詳細が共有される仕組みは整備されていない。

この情報分断構造は、設計改善や予防的対策の蓄積を困難にする。食品防御は過去事例の分析と共有によって強化されるが、現状ではその基盤が十分とは言えない。

(6) 海外製造構造による設計改善の困難性

国内で導入されているロボット配膳システムの多くは海外メーカー製である。したがって、日本国内で生じた課題や改善要望が設計段階に反映されるまでには時間的・制度的障壁が存在する。

販売代理店は技術的改修の権限を持たない場合が多く、構造的問題が放置される可能性もある。この点は、食品防御対策を制度化する上で重要な検討課題である。

〔総括〕

以上の分析から、ロボット配膳システムにおける食品防御上のリスクは、単一の技術的欠陥に起因するものではなく、設計思想、運用体制、心理的要因、情報共有構造が相互に影響し合う複合的構造であることが明らかとなった。

すなわち、ロボット配膳は効率化を実現する一方で、食品防御の観点からは「無人搬送」「接触誘発設計」「監視の希薄化」

「情報分断」という新たな課題を内包している。しかし同時に、これらは運用設計と制度整備によって改善可能な要素でもある。したがって、今後の対策検討においては、単なる技術的修正にとどまらず、人的配置、情報共有体制、設計ガイドラインを含む包括的アプローチが求められる。

3. 販売代理店における認識と構造的課題

本研究において実施した販売代理店2社への聞き取り調査から、ロボット配膳システムの食品防御に関する認識および制度的課題が明らかとなった。両社に共通していたのは、ロボット配膳システムを「飲食物を運搬する機器」として位置づけ、食品そのものの安全管理は基本的に導入店舗の責任範囲であるとの認識であった。

(1) 食品防御に対する位置づけ

販売代理店への聞き取り調査において最も特徴的であったのは、ロボット配膳システムを「食品を運ぶ機械」として位置づける認識であった。すなわち、ロボットは配膳という労務を代替する存在であり、食品そのものの安全管理や防御対策は、基本的に飲食店側の業務範囲であるとの立場である。この認識は、契約上および法的責任の整理という観点では一定の合理性を有する。しかしながら、食品防御の観点からは、食品を運搬する構造そのものが変化している以上、単なる運搬機器としての位置づけでは十分とはいえない。従来の配膳では、人が常に食品を保持し、監視機能を担っていた。ロボット配膳では、食品が無人状態で移動する時間帯が生じるため、設計段階で食品防御を考慮する必要性が高まる。

それにもかかわらず、販売代理店側では「食品防御は導入店舗の管理責任である」との前提が強く、設計仕様の中に食品防御を組み込むという発想は現段階では限定的であった。このことは、ロボット配膳がもたらすリスク構造の変化が、製品設計思想

に十分反映されていない可能性を示している。

さらに、食品防御という概念自体が、販売現場ではまだ一般化していない可能性も示唆された。衛生管理や事故防止とは異なり、意図的混入という視点は、製品開発段階で体系的に議論されているとは言い難い状況である。

(2) トラブル実態の把握不足

販売代理店は、いたずらや過度な接触、妨害行為といった事例について体系的なデータ収集を行っていないとの回答であった。修理依頼があった場合でも、機械的故障として処理されることが多く、その原因が顧客行為に起因するものかどうかまで詳細に分析される仕組みは整備されていない。

このことは、食品防御の観点から重大な課題である。食品防御は過去事例の分析と情報共有によって強化される概念であり、トラブルの発生状況を把握しなければ、予防的対策の立案は困難である。にもかかわらず、現状では店舗単位で問題が完結し、販売代理店や製造元に体系的に報告される仕組みが存在しない。

さらに、店舗側もブランドイメージへの影響を懸念し、軽微なトラブルを積極的に外部へ報告しない可能性がある。この情報の非対称性は、構造的脆弱性を可視化しにくくしている。

したがって、現状の情報収集体制は受動的かつ断片的であり、食品防御対策を制度化する基盤としては不十分であることが明らかとなった。

(3) 海外製造構造による改善の困難性

現在日本国内で導入されているロボット配膳システムの多くは海外メーカー製であり、国内販売代理店は基本設計の変更権限を持たない。この構造は、食品防御対策を迅速に製品仕様へ反映させる上で大きな制約となっている。

販売代理店からは、「設計変更は製造元の判断事項であり、国内の要望のみで大幅な改修は困難である」との意見が示された。また、製造元にとっては世界市場全体が対象であり、日本国内特有のリスクや社会的要請が優先順位の上位に位置づけられるとは限らない。

さらに、文化的背景や法制度の違いも影響する可能性がある。食品防御に対する社会的感度や規制水準が異なる場合、日本国内で求められる安全水準が設計段階に十分反映されない恐れがある。

このように、製造拠点が海外にあることは、食品防御対策を国内主導で制度化する際の構造的障壁となり得る。

(4) 利便性と安全性の優先順位

一部店舗では、食品トレイにカバーを設置するなどの対策が試みられた事例が確認された。しかし、視認性の低下や料理の取り出しにくさ、作業効率の悪化などの理由により、最終的に撤去されたとの報告があった。

この事例は、現場において利便性や顧客体験が強く重視されていることを示している。ロボット配膳は省人化と同時にエンターテインメント性を持つ装置として位置づけられており、デザイン性や操作性を損なう改修は導入効果を減殺する可能性がある

と認識されている。

また、重大事故が顕在化していない段階では、安全対策への投資優先度が低くなる傾向もみられる。これは食品防御全般に共通する課題であり、「問題が起きていないから対策しない」という受動的姿勢が構造的リスクを温存する可能性がある。

利便性と安全性のバランスをどのように設計段階で確保するかは、今後の重要な検討課題である。

(5) 責任分散構造の存在

本研究で明らかとなった最も重要な構造的課題の一つが、責任の分散である。販売代理店は「食品管理は店舗責任」とし、店舗は「製品構造はメーカー責任」と捉える傾向がある。このような構図は、食品防御対策の主体を曖昧にする。

食品防御は多層防御（multiple barrier）の概念に基づき、設計段階・販売段階・運用段階が連携して初めて機能する。しかし現状では、各段階が独立しており、横断的なガイドラインや統一基準は存在しない。

さらに、法的義務として明確に規定されていない分野であることも、責任の所在を不明確にしている要因である。結果として、重大事例が発生しない限り、包括的対策が進みにくい構造となっている。

この責任分散構造を是正し、設計・販売・運用の各段階を統合する枠組みを構築することが、食品防御強化の前提条件であると考えられる。

〔総括〕

販売代理店における認識は、ロボット配膳を「運搬機器」として捉える技術中心的

視点が強く、食品防御を設計要素として積極的に組み込む段階には至っていないことが明らかとなった。また、トラブル情報の未集約、海外製造構造、責任分散といった制度的課題が、食品防御対策の体系化を阻害している可能性が示唆された。

この結果は、食品防御対策を店舗単位の努力に委ねるのではなく、販売代理店や製造元を含めた制度的枠組みの再構築が必要であることを示している。

4. 導入店舗における運用実態

本研究において聞き取りを行った導入飲食店では、ロボット配膳システムの活用方法は単なる人員削減策にとどまらず、店舗運営全体の再設計と密接に関連していることが明らかとなった。すなわち、ロボット導入の効果は「どの業務を代替させ、どの業務に人を再配置するか」という運用設計によって大きく異なる。

(1) 導入目的の実態 — 経営合理性と労務構造改革

導入店舗では、ロボット配膳の導入目的として表面的には「人手不足対策」が挙げられたが、実際にはより複合的な意図が存在していた。

第一に、慢性的労働力不足の緩和である。特にピークタイムにおける配膳業務は往復回数が多く、身体的負担が大きい。重い鉄板料理や複数皿の同時運搬は従業員に相当な負担を与えており、離職要因の一つとなっていた。ロボット導入により、体力負担の軽減が図られ、従業員定着率向上への期待も示された。

第二に、業務標準化である。ロボットは

設定されたルートを一一定速度で移動するため、配膳品質のばらつきが少ない。新人教育の負担軽減という副次的効果も確認された。

第三に、サービス価値の向上である。ロボットが話題性を持つことで集客効果生まれ、顧客体験の差別化が図られている。これは経営戦略上の意図も含まれている。

このように、導入は単なるコスト削減ではなく、労務構造改革とサービス戦略の両面を持つものであった。

(2) 人的再配置と監視機能の再構築

配膳業務が軽減された結果、従業員の業務内容は変化している。具体的には、

- 客席巡回頻度の増加
 - 顧客の食事状況の確認
 - 不審行動の観察
 - トラブル初期対応
- などが強化されている。

導入初期には、ロボットに対する接触や妨害行為が散見されたが、フロアスタッフが積極的に巡回する体制を整えたことで、問題行動は減少したとの報告があった。

この結果は、「人の目」が依然として食品防御における最も強力な抑止装置であることを示している。すなわち、ロボット導入は監視機能を弱体化させるのではなく、人的資源の再配置次第でむしろ強化し得る。

(3) 顧客満足度と抑止メカニズム

導入店舗では、ロボット配膳により従業員が顧客との対話時間を確保できるようになり、サービスの質が向上したとの評価が得られた。

食品防御の観点では、店舗の雰囲気や顧客満足度は重要な要素である。不満やストレスは逸脱行動の誘因となることが過去事例から示唆されている。満足度が高い環境では、意図的行為の発生確率が低減する可能性がある。

さらに、従業員が顧客と積極的にコミュニケーションをとることで、「見られている感覚」が維持され、心理的抑止力が働く構造が形成されている。

(4) 現場が認識する具体的リスクの類型化

導入店舗では、以下のようなリスク類型が挙げられた。

① 物理的接触リスク

子どもが触れる、写真撮影時に接触する、荷物が引っかかる等。

② 走行妨害リスク

顧客が意図せず経路を塞ぐ、椅子やベビーカーが障害となる。

③ 下膳時リスク

残飯が露出し、不衛生状態になる可能性。

④ 意図的行為の潜在性

重大事例はないが、構造的に介入可能な状態であること。

これらは重大事故には至っていないが、「発生可能性の存在」自体がリスク評価上重要である。

(5) 物理的対策の現実的限界

食品トレイへのカバー装着や囲い込み構造は理論上有効であるが、以下の課題が挙げられた。

- 提供スピードの低下
- 顧客が料理を取りづらい

- 視認性の低下
- デザイン性の毀損

特に回転率を重視する業態では、わずかな遅延が売上に影響する。したがって、安全性を高める設計は、業態特性を踏まえたバランス設計が不可欠である。

(6) ロボットと人の役割分担モデル

導入店舗では、以下の役割分担が明確化されていた。

ロボット：

- ・重量物運搬
- ・定型ルート移動
- ・ピークタイム補助

人：

- ・最終確認
- ・顧客対応
- ・監視
- ・異常対応

この協働モデルは、「完全自動化」ではなく「補助的自動化」である。食品防御の観点からは、この補助型モデルの方が安全性を確保しやすい可能性がある。

(7) 総合評価 ― 二面性と運用依存性

導入店舗の実態から導かれた最も重要な示唆は、ロボット配膳は食品防御を弱体化させる技術でもあり、強化する契機にもなり得るという二面性である。

省人化のみを目的とし監視人員を削減すればリスクは増大する。一方で、業務再配分により監視体制を再構築すれば、従来より強固な体制を構築することも可能である。

すなわち、食品防御の強度は技術そのも

のではなく、「導入目的」「人的配置」「店舗文化」「管理意識」によって決定される。この運用依存性を踏まえた制度設計が今後の課題である。

D. 考察

本研究の結果から、ロボット配膳システムは飲食店の業務効率化および労務負担軽減に寄与する一方で、食品防御（Food Defense）の観点からは従来の管理構造を変容させる要素を内包していることが明らかとなった。本考察では、①リスク構造の再編、②多層防御理論との関係、③運用依存性の構造分析、④責任分散と制度的空白、⑤技術と人間の協働モデル、⑥政策的・制度的含意の六側面から詳細に検討する。

1. リスク構造の再編 ― 無人搬送という構造的転換

従来の飲食店における配膳は、人が食品を直接保持しながら移動するという形式をとっていた。この構造では、配膳者の存在が以下の三機能を同時に担っていた。

- 物理的管理機能（食品を直接保持する）
- 視覚的監視機能（周囲を確認する）
- 心理的抑止機能（顧客に見られている感覚を与える）

ロボット配膳では、この三機能が分離される。ロボットは物理的運搬機能を担うが、監視機能や抑止機能は自動的に付随しない。結果として、食品が一定時間「無人状態」で移動するという新たな状況が生じる。

この無人搬送構造は、食品防御上の前提

条件を大きく変化させる。すなわち、食品は常に人の直接的監視下にあるという従来の暗黙の前提が崩れる。この構造変化を認識せずに従来型の管理を継続した場合、リスクは潜在化する。

重要なのは、実際に重大事例が発生していないことと、構造的脆弱性が存在しないことは同義ではないという点である。食品防御は「発生後対応」ではなく「発生可能性の低減」を目的とする概念であり、構造的評価が不可欠である。

2. 多層防御理論との整合性 ― ロボット配膳環境における防御層の再設計

食品防御は、単一の対策によって成立するものではなく、複数の防御層を重ね合わせることでリスクを低減する「多層防御 (multiple barrier)」の考え方に基づいて構築される。これは、いずれか一つの防御が破られた場合でも、次の層が機能することで全体として安全性を確保するという発想である。

本研究の結果をこの理論枠組みに照らして整理すると、ロボット配膳システム導入環境では、既存の防御層の一部が弱体化し、新たな層の設計が十分に行われていない可能性が明らかとなった。

(1) 物理的防御層の再評価

従来の飲食店においては、厨房と客席の分離、調理場への立入制限、食品保管エリアの管理など、空間的分離が物理的防御層として機能していた。一方、客席内での配膳工程については、配膳者が直接食品を保持すること自体が物理的管理を担っていた。

ロボット配膳では、食品がトレイ上に露出した状態で客席間を移動するため、物理的バリアは限定的となる。特に、トレイが開放構造である場合、食品は第三者が容易に接触可能な位置に存在する。

理論上は、以下のような物理的強化策が考えられる。

- 半透明カバーによる囲い込み
- ワンタッチ開閉式保護構造
- 食品収納部の高さ制限
- トレイ縁部の立ち上げ設計

しかし現場では、提供速度の低下や視認性の悪化を理由に全面的な採用には至っていない。ここに、物理的防御層とサービス効率とのトレードオフが存在する。

したがって、ロボット配膳環境では「完全封鎖型バリア」ではなく、「接触機会を減少させる合理的設計」という新たな物理的防御概念の導入が求められる。

(2) 人的防御層の変動性と再構築

多層防御の中核となるのは人的監視である。従来は、配膳者が食品を監視しながら移動することで、自然に人的防御層が形成されていた。ロボット導入後、この層は二つの方向に分岐する。

- ① 省人化のみを追求する場合：人的防御層が薄くなる
- ② 業務再配分を行う場合：人的防御層が強化される

本研究で確認された導入店舗では、後者のモデルが機能していた。すなわち、配膳業務削減により生じた人的余力をフロア巡回や顧客観察に充てることで、人的防御層が再構築されていた。この結果は、人的防御層が固定的ではなく、経営判断と運用設

計によって強度が変化する可変層であることを示している。したがって、ガイドライン策定においては「ロボット1台あたりの最低巡回頻度」など、具体的な運用指標を提示する必要がある。

(3) 心理的防御層の再考

食品防御において見落とされがちなのが、心理的抑止層である。人が食品を運搬する環境では、「従業員に見られている」という感覚が不適切行為を抑止する。ロボット配膳では、移動主体が機械であるため、この心理的抑止効果が低減する可能性がある。特に混雑時には、無人搬送時間が延び、抑止力が弱まる。

一方で、導入店舗ではフロアスタッフが積極的に巡回することで「人の目」を可視化し、心理的抑止層を維持していた。これは、物理的監視と心理的監視が重なり合うことで抑止効果が強化されることを示している。したがって、ロボット配膳環境では心理的防御層を意識的に設計する必要がある。

(4) 情報防御層の制度化不足

多層防御において極めて重要なのが情報層である。トラブルやヒヤリハット事例の共有は、次の防御強化につながる。しかし本研究では、

- トラブル件数の体系的把握がない
- 販売代理店への報告制度がない
- 製造元へのフィードバック経路が限定的

という状況が確認された。

これは、防御層としての情報システムが

未成熟であることを意味する。食品防御を強化するためには、

- 統一的報告様式
- データベース化
- 定期的情報共有会議

などの制度的枠組みが必要である。

(5) 技術的防御層の可能性

ロボット配膳は、逆に新たな防御層を創出する可能性も持つ。例として、

- カメラ搭載による録画監視
- AIによる異常行動検知
- 接触感知センサー
- 走行ログ記録

などが考えられる。

これらは従来の人配膳では実現しにくかった防御層である。ただし、プライバシー保護、コスト、デザイン性との均衡が必要である。

(6) 総合評価 — 防御層の再設計が鍵

以上を総合すると、ロボット配膳環境では、

- 一部防御層が弱体化し
 - 一部防御層が再設計可能であり
 - 新たな防御層の導入余地がある
- という三重構造が存在する。

重要なのは、「防御層が減った」のではなく、「防御層の構成が変わった」という認識である。問題は、この再構成が意図的に設計されていない点にある。したがって、ロボット配膳における食品防御は、従来型の管理発想をそのまま適用するのではなく、防御層の再配置・再設計を前提とした新たな理論枠組みを必要とする。

E. 結論

本研究は、飲食店において急速に普及しているロボット配膳システムについて、食品防御（Food Defense）の観点から現状の課題構造を整理し、安全確保に向けた方向性を検討したものである。

その結果、ロボット配膳システムは単なる業務効率化装置ではなく、食品搬送構造を「人が直接管理する形態」から「無人搬送を含む形態」へと転換させる技術であり、食品防御の前提条件を変化させる存在であることが明らかとなった。特に、以下の点が重要な知見として抽出された。

第一に、ロボット配膳は食品防御を弱体化させる可能性と、強化する可能性の両面を有するという二面性である。省人化のみを目的とし監視体制を縮小した場合には、無人搬送時間の増加や心理的抑止力の低下を招き、構造的脆弱性が生じる。一方で、配膳業務を自動化し人的資源を監視や顧客対応へ再配置する運用モデルを採用した場合には、むしろ防御機能を強化し得ることが確認された。

第二に、食品防御は単一对策では成立せず、多層防御構造として再設計する必要があることである。ロボット配膳環境においては、物理的防御層、人的防御層、心理的防御層、情報共有層を統合的に構築しなければならない。現状では、情報共有体制や設計段階での防御要件が十分に制度化されていない。

第三に、責任分散構造の存在である。販売代理店は食品管理を店舗責任と捉え、店舗は設計をメーカー責任と捉える傾向がある。この構造は食品防御対策の主体を曖昧にし、予防的対策の制度化を阻害する要因

となっている。

以上を踏まえ、今後必要とされるのは以下の三つの方向性である。

1. ロボット配膳システムに特化した食品防御対策ガイドラインの策定
2. トラブル情報の体系的収集・共有プラットフォームの構築
3. 設計・販売・運用を横断した統合的責任枠組みの明確化

特に、導入店舗向けには「人的監視を前提とした運用モデル」を明示し、省人化と監視削減を同一視しない原則を提示する必要がある。また、海外メーカーを含めた設計段階への食品防御要件の反映も中長期的課題である。

ロボット配膳は今後さらに普及することが予想される。その普及を前提とすれば、問題発生後の対症療法ではなく、予防的・構造的対策の構築が不可欠である。本研究が示した最も重要な結論は、「ロボットはリスクではない。無設計な運用がリスクである。」という点である。

技術の進展とともに、食品防御もまた進化しなければならない。人とロボットの協働を前提とした新たな安全モデルの構築こそが、今後の飲食業界に求められる課題である。

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

長田瑞花, 多川優也, 田崎ひなた, 藤内琉成, 今村知明, 加藤礼識. 飲食店における

食品防御対策の新たな課題「ロボット配膳システム」における食品防御対策の検討.
食品衛生研究 (Food Sanitation Research),76 巻 1 号, 9-19 , 2026 年 01 月.

2. 学会発表

長田瑞花、加藤礼識、多川優也. 食品防御上の新たな問題（ロボット配膳システム）その①～販売代理店への聞き取り調査. 第 121 回日本食品衛生学会・学術講演会. 2025 年 10 月. 東京.

長田瑞花、加藤礼識、多川優也. 食品防御上の新たな問題（ロボット配膳システム）その②～飲食店への聞き取り～. 第 121 回日本食品衛生学会・学術講演会. 2025 年 10 月. 東京.

加藤礼識、長田瑞花、多川優也. 飲食物販売が多様化する中で食品防御対策はどのように変化したのか～大規模食品工場から小規模飲食店での対策への変化. 第 121 回日本食品衛生学会・学術講演会. 2025 年 10 月. 東京.

加藤礼識、長田瑞花、多川優也. 小規模な飲食店舗における食品防御対策「バイトテロ」「客テロ」をどう防ぐべきなのか?. 第 121 回日本食品衛生学会・学術講演会. 2025 年 10 月. 東京.

加藤礼識、長田瑞花、多川優也、平子ほほみ、神奈川芳行、今村知明. 多様化した飲

食物販売における食品防御対策～これまでの食品防御対策の流れ～. 第 84 回日本公衆衛生学会総会. 2025 年 10 月. 静岡.

平子ほほみ、多川優也、長田瑞花、加藤礼識、高畑能久、神奈川芳行、今村知明. ロボット配膳システムにおける食品防御対策 飲食店への聞き取り調査. 第 84 回日本公衆衛生学会総会. 2025 年 10 月. 静岡.

長田瑞花、加藤礼識、多川優也、平子ほほみ、神奈川芳行、今村知明. ロボット配膳システムにおける食品防御対策 販売代理店への聞き取り調査. 第 84 回日本公衆衛生学会総会. 2025 年 10 月. 静岡.

神奈川芳行、赤羽学、高畑能久、加藤礼識、入江芙美、山口健太郎、今村知明. 大規模イベントでの食品防御対策と食品防御対策ガイドライン英訳の意義. 第 84 回日本公衆衛生学会総会. 2025 年 10 月. 静岡.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1.特許所得

なし

2.実用新案登録

なし

3.その他

なし