

空港における出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムについて

間邊 哲也[†] 長谷川 孝明[†] 細江 克治^{††} 水野 一男[‡] 新海 直樹^{‡‡} 徳永 威^{*} 和唐 博文^{*}
小柳 信孝^{*} 林原 央和^{*} 荒尾 和史[§] 安藤 祐二[§] 井上 麻衣[§] 長田 範寿^{§§}

[†] 埼玉大学 大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

^{††} 株式会社デンソーコミュニケーションズ [‡] 株式会社デンソー ^{‡‡} 株式会社デンソーエスアイ

^{*} 全日本空輸株式会社 [§] 中部国際空港株式会社 ^{§§} 中部国際空港施設サービス株式会社

E-mail: [†] {manabe, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp,

^{††} hosoe@d-coms.co.jp, [‡] kazuo_mizuno@denso.co.jp, ^{‡‡} naoki.shinkai@denso-si.jp,

^{*} {t.tokunaga, h.wato, n.koyanagi, h.hayashibara}@ana.co.jp,

[§] {k-arao, Yuji_Ando, Mai_Inoue}@cjiac.co.jp, ^{§§} n-nagata@fas.cjiac.co.jp

あらまし 本稿では、空港における航空機の出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムに関して、サブシステムの基本性能評価と実証実験の概要について述べている。本システムは、旅客位置情報取得サブシステム、情報配信サブシステム、手荷物搭載管理サブシステムで構成され、本稿ではこれらのサブシステムに対して、無線 LAN による位置特性の性能、情報配信に要する時間、手荷物探索に要する時間について評価を行っている。また、中部国際空港発の全日本空輸(ANA)国内線を対象とした実証実験を行い、その概要についてまとめている。

キーワード 空港, 位置特定, 情報配信, 手荷物探索

On the Passenger and Baggage System for Flight Departing Delay Suppression at Airport

Tetsuya MANABE[†] Takaaki HASEGAWA[†] Katsuharu HOSO^{††} Kazuo MIZUNO[‡]
Naoki SHINKAI^{‡‡} Takeshi TOKUNAGA^{*} Hirofumi WATO^{*} Nobutaka KOYANAGI^{*}
Hisakazu HAYASHIBARA^{*} Kazuhito ARAO[§] Yuji ANDO[§] Mai INOUE[§] and Norihisa NAGATA^{§§}

[†] Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, 338-8570 Japan

^{††} DENSO Communications Corp. [‡] DENSO Corporation ^{‡‡} DENSO SI Corporation

^{*} All Nippon Airways Co., Ltd. [§] Central Japan International Airport Co., Ltd. ^{§§} Centrair Facility Service Co., Ltd.

E-mail: [†] {manabe, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp,

^{††} hosoe@d-coms.co.jp, [‡] kazuo_mizuno@denso.co.jp, ^{‡‡} naoki.shinkai@denso-si.jp,

^{*} {t.tokunaga, h.wato, n.koyanagi, h.hayashibara}@ana.co.jp,

[§] {k-arao, Yuji_Ando, Mai_Inoue}@cjiac.co.jp, ^{§§} n-nagata@fas.cjiac.co.jp

Abstract This paper describes the passenger and baggage system for flight departing delay suppression at airports. The system consists of the passenger's location information acquisition subsystem, the information delivery subsystem, and the baggage loading management subsystem. In this paper, we evaluate these subsystems about a viewpoint of the positioning performance using wireless LAN, the time for information delivery, and the required time for the baggage search. In addition, we describe a summary of the demonstration experiments on the domestic flights of All Nippon Airways (ANA) departing from Central Japan International Airport (Centrair).

Keyword Airport, Positioning, Information Delivery, Baggage Search

1. まえがき

地球温暖化対策として低炭素社会実現のための取り組みが世界的に行われている。航空輸送分野では航

空機の CO₂ 排出量削減のために、無駄なアイドリング時間の削減や燃費の良い経路・高度・速度の選択が行われている。

一方、空港では旅客や手荷物に起因した航空機の出

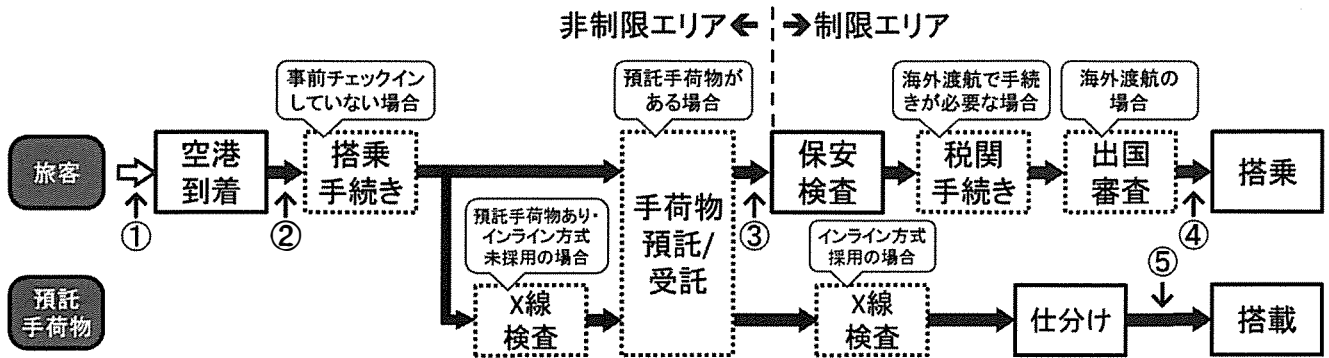


図1 旅客および預託手荷物の空港到着から出発までの流れ

発遅延が発生している。例えば、予約客が空港に現れない、搭乗手続きを済ませているのにも関わらず搭乗開始時刻になっても搭乗ゲートに現れない、搭乗旅客がゲートに現れないことによる受託手荷物の取り降ろし、受託手荷物の取り降ろし完了後に搭乗ゲートに旅客が現れたことによる受託手荷物の再搭載などが挙げられる。

空港で航空機の出発遅延が発生すると、駐機場での無駄なアイドリングによって燃料が消費され、CO₂の排出量が増える。また、出発で遅れた分の時間を取り戻すために速度を上げて飛行することで燃料消費・CO₂排出量はさらに増してしまう。

本稿では、空港における旅客の人的要因による出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムに関して、そのサブシステムの基本性能評価と実証実験の概要について述べる。

2. 空港における航空機出発遅延の要因分析

2.1. 航空機出発遅延の要因

航空機の遅延の種類は、IATA (International Air Transport Association) Delay Code では以下のように定義されている。

- Internal
- Passenger/Baggage
- Cargo/Mail
- Handling
- Technical
- Damage/Failure
- Operation
- Weather
- Air traffic control
- Miscellaneous

2.2. 旅客・手荷物による遅延要因と現行の処置

旅客および預託手荷物の空港到着から搭乗・出発までの流れを図1に示す。事前チェックイン(オンラインチェックイン)を済ませない旅客は空港到着後、自

動チェックイン機や有人のチェックインカウンターでチェックイン(搭乗手続き)を行う。預託手荷物のある旅客は航空会社の手荷物カウンターで手荷物を預託するが、預託手荷物のX線検査にインライン方式を採用していない空港・航空会社では、手荷物カウンターの直前で検査が行われ、インライン方式が採用されている場合は手荷物受託後～航空機に仕分け・搭載されるまでの間にX線検査が実施される。チェックインおよび手荷物預託が済んだ旅客は、保安検査場でセキュリティチェック(保安検査)を受ける。事前チェックイン済みで預託手荷物のない旅客については、空港到着後、直接保安検査場に進む。保安検査後、国内線搭乗旅客は搭乗ゲートに向かい、国際線搭乗旅客は、税関手続き(必要に応じて)、出国審査を経て搭乗ゲートに向かう。

図1において、旅客・手荷物による遅延要因の例(不可抗力によるものは除く)として以下が挙げられる。

- ① 空港外：旅客の自己都合で空港に来ない(No-show)
- ② 空港構内(非制限エリア)：食事、ショッピング、空港ラウンジ等での休憩、チェックインカウンターの場所が分からない(迷子)など
- ③ 空港構内(非制限エリア)：食事、ショッピング、空港ラウンジ等での休憩、保安検査場の場所が分からない(迷子)など
- ④ 空港構内(制限エリア)：食事、ショッピング、空港ラウンジ等での休憩、搭乗ゲートの場所が分からない(迷子)、出発時刻と搭乗開始時刻の間違えなど
- ⑤ 空港構内(荷捌き場)：旅客が搭乗ゲートに現れないことによる受託手荷物の取り降ろし、取り降ろした受託手荷物の再搭載(取り降ろしキャンセル)など

これらの遅延要因に対して、航空会社によって対応は異なるが、例えば以下のような処置が取られている。

- ① No-show チャージ(罰金)の導入など
- ② 非制限エリアにおいて、航空会社の係員が便名・行き先・時間等の書かれたプラカードを掲げながらの声掛け、館内アナウンスなど

③ ②と同じ

④ 制限エリアにおいて、声掛け、館内アナウンスなど

⑤ 早めの受託手荷物取り降ろし指示など

空港旅客を対象とした歩行者ナビゲーションシステムを用いることで旅客の移動をスムーズに行うための試みとして、13.56MHz帯のeタグと電子ペーパーを利用したもの[1]、非接触IC内蔵携帯電話機(おサイフケータイ®)や二次元コード(QRコード®)を利用したもの[2]、タッチパネル搭載キオスク型端末を利用したもの[3]、既存のフライト情報表示用ディスプレイを改装したもの[4]などが挙げられる。さらに、受託手荷物管理に関する試みとしては、13.56MHz帯のeタグ(RFID; Radio Frequency Identification)を用いた航空手荷物管理システムで、新東京国際空港(成田空港)、シンガポールのチャンギ空港、香港国際空港、サンフランシスコ国際空港、バンクーバー国際空港の世界5空港を対象とした国際実験も行われている[5]。

本稿では、空港において旅客の人的要因による航空機の出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムの評価を行う。

3. 空港における航空機出発遅延抑制のための旅客・手荷物システム

空港における航空機出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムの構成を図2に示す。本システムは、データベースを備えたサーバの他、旅客位置情報取得サブシステム、情報配信サブシステム、手荷物搭載管理サブシステムで構成されている。

旅客位置情報取得サブシステムは、旅客が利用する旅客用端末、搭乗ゲート係員が利用する搭乗ゲート端末、空港構内に複数設置された無線LANアクセスポイント(以下、AP)によって構成される。旅客用端末は旅客の搭乗便情報と紐付けられている。このサブシステムでは、図3のように中部国際空港国内線制限エリア(全長約800m)にAPを設置し、さらに、このエリアを27のゾーンに分割している。旅客用端末のWi-Fiスキャン機能を利用して、周辺APのBSSID(Basic Service Set Identifier)、RSSI(Received Signal Strength Indicator)から現在地を特定し、旅客用端末上に表示する。表示例を図4(a)に示す。各旅客用端末の位置情報は無線LANを通じてサーバに蓄積される。搭乗ゲート端末では、サーバに蓄積された位置情報を図4(b)のように閲覧することで、旅客の位置を把握することができ、搭乗ゲートに現れない旅客の搜索の効率化、受託手荷物取り降ろしの指示を適切に行うことができる。

情報配信サブシステムの構成は、旅客位置情報取得サブシステムと同様である。このサブシステムでは、搭乗ゲート端末から対象便の旅客用端末に対して、搭

乗開始時刻、搭乗ゲート変更などのメッセージを送信することができる。メッセージ例を図5に示す。これにより旅客はフライト情報表示板から自身に関する情報を探すのではなく、対象旅客のみに配信される情報をもとに行動することができる。

手荷物搭載管理サブシステムは、搭乗ゲート係員が利用する搭乗ゲート端末、荷捌き場係員が利用する取り降ろし指示端末で構成される。このサブシステムでは、搭乗ゲート係員の判断で受託手荷物の取り降ろしが決定した際、搭乗ゲート端末から対象旅客の受託手荷物の取り降ろし指示を取り降ろし指示端末に送信する。取り降ろし指示端末では、取り降ろし対象手荷物の便名・ID・手荷物画像が表示され、荷捌き場係員による手荷物探索の効率化が期待される。取り降ろし作業完了後、端末上で取り降ろし完了を報告することで、搭乗ゲート係員が搭乗ゲート端末上で手荷物取り降ろしの状況を確認することができる。図6に受託手荷物取り降ろし指示・状況表示例を示す。

次節では、旅客・手荷物システムのサブシステムの基本性能評価として、無線LANによる位置特性の性能、情報配信に要する時間、手荷物探索に要する時間についてそれぞれ評価を行う。

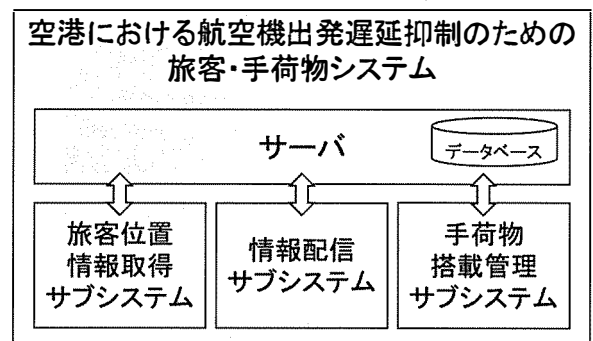


図2 旅客・手荷物システムの構成

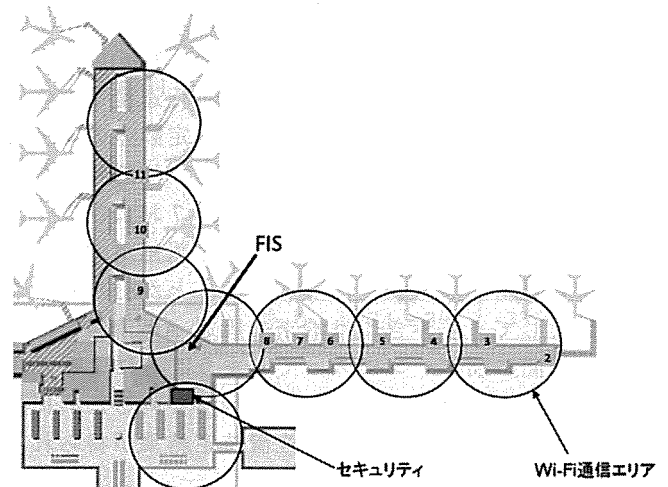
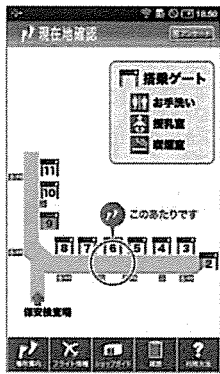
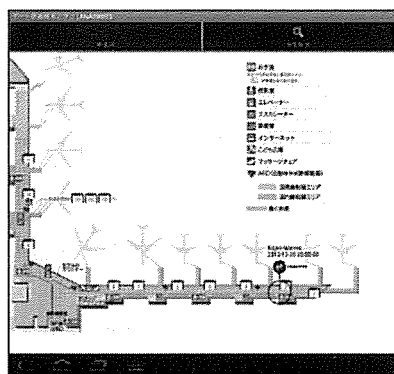


図3 中部国際空港国内線制限エリアへのAP設置

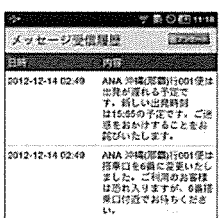


(a) 旅客用端末

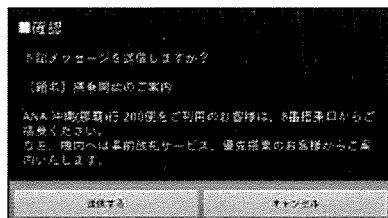


(b) 搭乗ゲート端末

図4 現在地表示例



(a) 旅客用端末

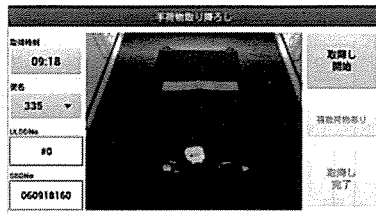


(b) 搭乗ゲート端末

図5 情報配信例



(a) 搭乗ゲート端末



(b) 取り降ろし指示端末

図6 受託手荷物取り降ろし指示・状況表示例

4. サブシステムの基本性能評価

4.1. 旅客位置情報取得サブシステム

無線 LAN を用いた位置特定性能について評価を行った。ここでは、ゾーン単位(1ゾーン≒24m)の位置特定誤差、位置情報更新間隔について歩行速度を変えて評価を行った。ゾーン単位での位置特定誤差の頻度分布と相対累積頻度を図7に示す。また、位置特定誤差と位置情報更新間隔を表1に示す。図7および表1より、早歩きは歩行に比べて、位置特定誤差が大きく、位置情報更新間隔も長くなっていることが分かる。この原因として、早歩きでは端末で周辺 AP 情報を取得している間に別ゾーンに入ってしまうことによる誤差、位置特定に係る計算をサーバ内で行っているために端末で AP 情報を取得してから位置特定結果が得られるまでの遅延が考えられる。

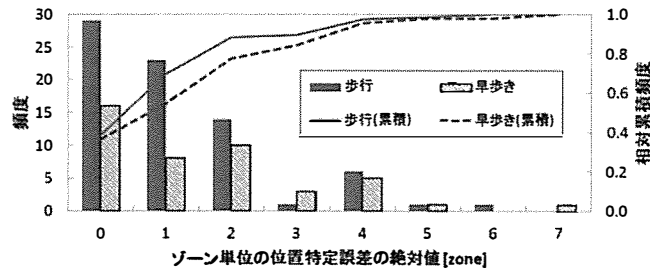


図7 ゾーン単位の位置特定誤差の絶対値の頻度分布

表1 位置特定誤差と位置情報更新間隔

	歩行	早歩き
位置特定誤差の平均・標準偏差 [zone]	1.3 ± 1.4	1.6 ± 1.7
位置情報更新間隔の平均・標準偏差 [sec]	48.6 ± 28.0	50.9 ± 28.2

以上の結果に鑑みると、空港における旅客位置特定性能の向上のため、Wi-Fiによる位置特定アルゴリズムの最適化、複数手法の併用(Wi-Fi, QRコード, eタグ, Bluetoothなど)が必要であると言える。

4.2. 情報配信サブシステム

搭乗ゲート端末から旅客用端末に対して情報を配信する際、端末密度によって情報配信の可否や情報配信に要する時間に差が出るのが予想される。例えば、搭乗開始まで時間があれば旅客は空港構内に分散しているため端末密度は小さく、情報の未達や遅延の発生は少ないと考えられるが、搭乗開始直前など複数の旅客(端末)が1ヶ所に集中すると端末密度が高くなり、情報の未達や遅延が発生する可能性がある。そこで、搭乗ゲート端末から送信されたメッセージを旅客用端末で受信できた割合(以下、情報到達率)と、受信までに要した時間(以下、情報配信所要時間)について評価を行った。ここでは、中部国際空港国内線出発ロビー内で旅客用端末の台数や利用場所を変え、情報到達の可否と各端末の情報配信所要時間を計測した。

まず、情報到達率に関して、Gate2付近で端末数を変化させたときの情報到達率を表2に示す。表2より、端末数が多い場合に情報到達率が低くなり、一部端末で情報が受け取れていないことが確認できる。約200台の端末を利用する場所を変えたときの情報到達率を表3に示す。表3より、端末が1ヶ所に集中していると利用場所によらず情報到達率が100%にならないことが確認できる。約200台の端末を利用する場所の数(端末密度)を変化させたときの情報到達率を表4に示す。表4より、端末密度が小さいと情報到達率がやや高くなっているが、いずれも有意な差は見られない。

表 2 端末数と情報到達率の関係

端末数	3	5	7	9
情報到達率	67%	100%	100%	100%
端末数	13	15	17	204
情報到達率	100%	100%	97%	93%

表 3 利用場所と情報到達率の関係

利用場所	FIS 付近	Gate2 付近	Gate4 付近
情報到達率	95%	93%	82%

表 4 利用場所の数と情報到達率の関係

利用場所の数	1	3	4	7	10
情報到達率	93%	96%	93%	93%	98%

次に、情報配信所要時間に関して、端末台数との関係を図 8 に、利用場所との関係を図 9 に、利用場所の数との関係を図 10 に示す。図 8~10 より、端末数が多い、または、端末密度が高いと情報配信所要時間の平均・標準偏差とも大きくなることを確認できる。搭乗ゲート端末からの情報は対象便の旅客用端末に確実に配信されなくてはならないため、各端末の位置や密度にもとづく送信タイミング制御の検討などが必要である。

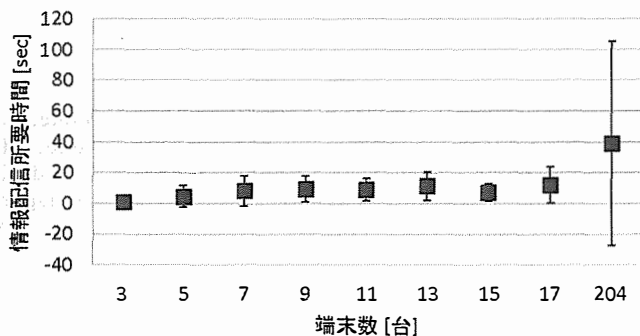


図 8 端末数と情報配信所要時間の関係

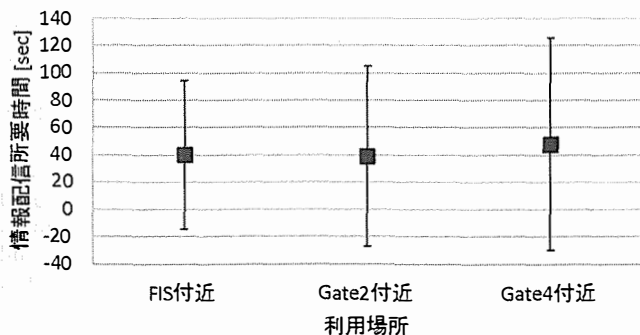


図 9 利用場所と情報配信所要時間の関係

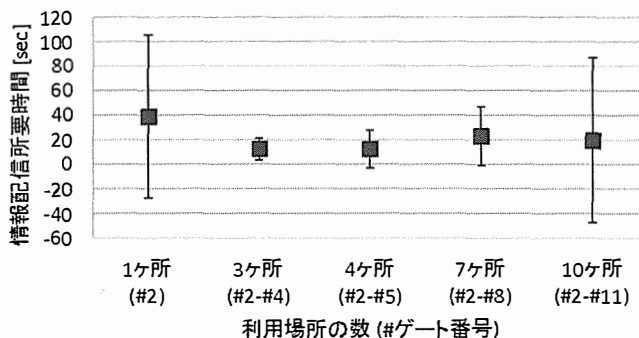


図 10 利用場所の数と情報配信所要時間の関係

4.3. 手荷物搭載管理サブシステム

受託手荷物の取り降ろしにおいて、手荷物搭載管理サブシステムを用いることによる効果を評価するため、受託手荷物が航空機に搭載された状況を想定し、搭乗ゲート係員から荷捌き場係員に対して手荷物の取り降ろし指示を出してから、41 個の手荷物の中から取り降ろし対象手荷物を発見するまでの時間(以下、手荷物探索時間)を計測した。ここでは、手荷物画像情報の有無、e タグ情報の有無を変え、それぞれの条件で 30 回ずつ計測を行い、手荷物探索時間の平均と標準偏差を求めた。結果を表 5 に示す。表 5 において、手荷物画像情報なし・e タグ情報なしは現状の探索方法に相当し、受託手荷物に付けられたタグのバーコードで対象の手荷物を特定する。表 5 より、手荷物画像および e タグはいずれも手荷物探索に効果があるが、従来手法と比較すると手荷物画像の効果の方が大きいことが分かる。しかし、手荷物画像と e タグを同時に提示した場合、手荷物画像のみを提示した場合より探索に時間を要している。これは、本評価においてシステム利用者が「手荷物画像のみでも探索できるが、e タグも使わないといけない」といった心理的な影響によるものと考えられる。しかしながら、手荷物画像情報・e タグ情報はいずれも手荷物探索に効果があることは明白であることから、これらの情報の効果的な組み合わせ方法について今後検討を行う必要がある。

表 5 手荷物探索時間 [sec]

		手荷物画像情報	
		なし	あり
e タグ情報	なし	74 ± 65	24 ± 17
	あり	34 ± 30	33 ± 50

5. 実証実験

5.1. 第1次実証実験

2013年1月23日～2月5日の土日を除く平日10日間、中部国際空港発の全日本空輸(ANA)の沖縄便(那覇・石垣)を対象に実証実験を行った。本実験におけるシステムの構成を図11に示す。本実験の対象便は1日4便の計40便で、実験参加者は1,001名(対象便の全旅客数は3,161名)、受託手荷物数は771個(対象便の全受託手荷物数は3,665個)であった。

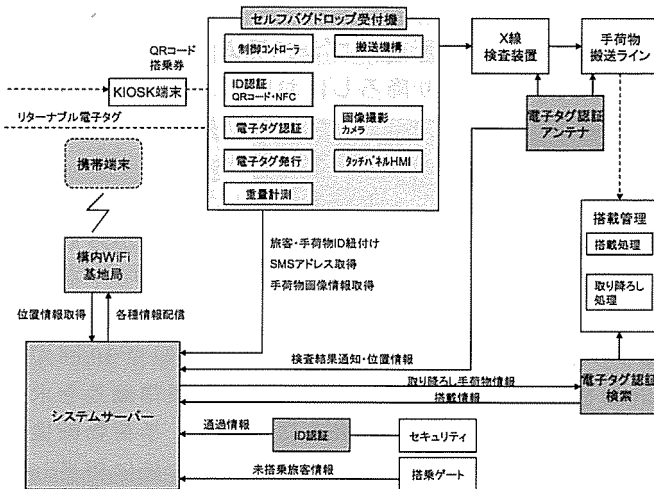


図11 第1次実証実験時のシステムの構成

5.2. 第2次実証実験

2013年11月19日～12月18日の1ヶ月間、中部国際空港発の全日本空輸(ANA)国内線全便を対象に実証実験を行った。本実験におけるシステムの構成を図12に示す。本実験の対象便は1日52便の計1,572便、搭乗旅客数は125,720名、受託手荷物数は73,325個であった。

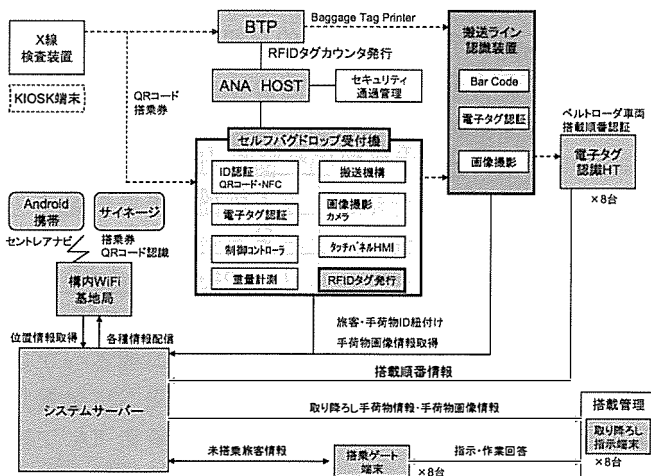


図12 第2次実証実験時のシステムの構成

6. むすび

本稿では、空港における航空機の出発遅延抑制のための旅客・手荷物システムに関して、サブシステムの基本性能評価として、無線LANによる位置特性の性能、情報配信に要する時間、手荷物探索に要する時間について評価を行った。また、中部国際空港発の全日本空輸(ANA)国内線を対象とした実証実験を行い、その概要についてまとめた。

今後の課題として、旅客位置情報取得サブシステムでは、空港における旅客位置特定性能の向上のため、Wi-Fiによる位置特定アルゴリズムの最適化、複数手法の併用(Wi-Fi, QRコード, eタグ, Bluetoothなど)について検討する必要がある。情報配信サブシステムでは、旅客用端末に対して情報を確実に配信するための方法として、各端末の位置や密度にもとづく送信タイミング制御の検討などが考えられる。手荷物搭載管理サブシステムでは、手荷物探索時間削減のため、手荷物画像情報とeタグ情報の効果的な組み合わせ方の検討が挙げられる。また、本システムの普及に向けた課題の抽出および整理を行っていく必要もある。

謝辞 本研究は、環境省「平成24年度地球温暖化対策技術開発・実証研究事業(空港における待ち時間解消のための革新的旅客・手荷物システムに関する技術開発)」により実施されたものの一部である。

文献

- [1] T. Hasegawa, A. Fukuda, S. Shimoda, T. Inoue, H. Yanai, J. Moriya, S. Yamashita, K. Mizuno, H. Watanabe, K. Ogawa, K. Kodama, H. Ota, and K. Hatano, "Airport Passenger Intelligent Transport Systems (APITS) -Airport Passenger Navigation by Using WYSIWYAS Direction Boards," Proc. 13th World Congress 2006, London, UK, Oct. 2006.
- [2] T. Manabe, T. Hasegawa, K. Arao, K. Okuno, H. Ito, Y. Ando, H. Higashida, and T. Takeyama, "Proposal of MI WyNE Box for M-CubITS Pedestrian WYSIWYAS Navigation Environments," Proc. 17th ITS World Congress 2010, Busan, Korea, Oct. 2010.
- [3] 芹澤崇, 長谷川孝明, 駒崎裕之, 荒尾和史, 奥野康生, 伊藤宏紀, 安藤祐二, "購買環境を高度化するWyNISTの実験-空港におけるナビゲーション実験," 信学技報, ITS2009-63, pp.147-152, Feb. 2010.
- [4] P. Ruppel, F. Gschwandner, C.K. Schindhelm, and C. Linnhoff-Popien, "Indoor Navigation on Distributed Stationary Display Systems," Proc. 2009 33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'09), Seattle, WA, USA, July 2009.
- [5] 長谷川孝明, 福田朗, 波多野啓介, "RFID技術による空港手荷物管理システムの実証実験について," 信学技報, ITS2001-83, pp.191-197, Jan. 2002.