

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：53601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01690

研究課題名（和文）競歩競技の歩型違反管理システムの開発と競技運営の効率化

研究課題名（英文）The development of foul management system for race walking and efficiency of race management

研究代表者

内山 了治（Uchiyama, Ryoji）

長野工業高等専門学校・一般科・教授

研究者番号：00270257

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：トラックでの競歩競技は、競技者の歩型を通常6地点6名の競歩審判員が判定し、その判定用紙をその都度連絡員が回収し、フィニッシュ地点で集計し告知板に反則が掲示される。本研究ではこれらの判定から表示の過程を瞬時に行える歩型管理システムを構築した。審判員は開発した専用のアプリケーションを搭載したタブレットに違反等を入力し、その情報が無線通信により転送・自動的に集計され、審判主任の確認後直ちにLEDパネルに表示される。また、これらを利用した競技運営の効率化について明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的特色は、通信方式を920MHz通信としこれを利用できる端末と通信システムの開発である。従来、競技場内での通信は有線か2.4GHz帯を用い、混線や通信距離が課題であったが、本システムはこれらを解決できた。社会的意義としては、審判員の業務軽減と連絡員を置く必要がなくなり役員を削減できること、反則の状況が瞬時に視覚化され、違反告知までの時間が大幅に短縮され競技会運営の効率化も図られることである。本システムの実用化と推進により、世界各国で競歩競技の改善が予想され、陸上競技場内はもとより、様々なイベントにおける通信システムにインパクトを与えられられる。

研究成果の概要（英文）：Race walking in a track race, athletes' gait is usually judged by 6 race judges at 6 positions. Every time athletes violate, assistants collect judgment form written by the judges. Then, at the finish point, the tally is gathered and posted on the notice board. In this research, a walk-type violation management system, which can display the violation quickly by decreasing the process, is developed. First, the judge inputs a violation, etc. into the tablet equipped with the developed special application. The information is transferred by wireless communication and automatically aggregated. The chief judge confirms the information and displays the information on the LED panel. In addition, we clarified the efficiency of competition management using the system.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：競歩競技 陸上競技のIT化 入力端末 920MHz帯通信 大型ディスプレイ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

競歩競技は、競技者の歩型が、両足が同時にグラウンドから離れることなく（歩型違反：loss of contact：不完全な場合は黄パドル [～] が示される）、前脚は接地の瞬間から垂直の位置になるまでまっすぐ伸びていなければならない（歩型違反：not bent at the knee：不完全な場合は黄パドル [＜] が示される）という国際的な規則（IAAF, Competition Rules, 2015）で行われている。歩型は審判員の目視で判定され、競技者は3人以上の審判員から「違反：赤カード」が示されれば失格となる。トラックで行われる競技（3000m・5000m・10000m 競歩）は主任を含め6人の審判員が担当し、それぞれの地点で黄パドルと赤カードを判定した際は記録用紙に記入する。その用紙をその都度「連絡員」が回収しフィニッシュ地点の係員に渡す。それを審判主任が集計・確認し、告知板に反則を掲示する。10000m 競歩の場合、連絡員はトラックを25周回ることになり、反則を主任が集計・確認し競技者に告知するまでに時間を要し、競技運営の効率も悪い。

そこで、筆者らは、これまでの無線通信による研究実績を生かし、競歩競技の審判員が判定した「黄パドル」と「赤カード」の告知とほぼ同時に無線通信により競歩審判主任にその情報を伝達すること、そこでこれらを自動的に集計し主任の確認後直ちにLEDパネルに表示できるシステムの構築を目指した。これらの実現はこれまでに例がないことである。これにより、競技中にトラック外側を周回する「連絡員」は不要となり、競技役員数の削減と、トラック上の景観も規則が求めるとおりすっきりし向上する。

2. 研究の目的

陸上競技のトラック内競歩競技における歩型違反管理システムの開発、並びに本システムを利用することによる競技運営の効率化について明らかにすることを目的とする。これらの目的を達成するため、下記7つのサブテーマを設定した。

- (1)違反入力端末のアプリケーションの開発
- (2)通信方式の選定と通信システム並びに受信端末の開発
- (3)違反集計システムと表示板への通信システムの開発
- (4)違反表示ディスプレイの製作
- (5)本システムを用いた実証実験
- (6)競技会における競技運営効率化の検討と推進
- (7)競技会での実用化

本研究の遂行により、競歩競技における関係役員数の削減と業務軽減、競技者や観客への記録並びに違反の即時的な公開と視認性の向上、無線通信システムの安定化、さらには競歩競技の規則改正への素早い対応などの効果が期待される。

3. 研究の方法

(1)違反入力端末の確定と開発について

端末の仕様を作成するに当たり、利用者の視点や端末の扱いに関する配慮、国際陸上競技連盟や日本陸上競技連盟規則への対応と審判員任務の確認、入力方法の検討、端末の形状、OSの選定などについて検討し、アプリケーションを開発した。

(2)通信方式の確定及び違反集計システムと表示板への通信システムの開発

これらについては筆者等のこれまでの研究成果をもとに、陸上競技場という限られた環境下での実証実験を繰り返し選定した。トラックやフィールドに人が多数いる場合の通信障害等についても対策を検討した。同時に、送信、受信端末のソフトウェアの開発にあたり、様々な年代の利用者との意見交換を重視し、機能的で操作性の高いソフトウェアを開発した。

(3)違反表示ディスプレイの製作

表示システムに使用する大型ディスプレイは、違反を競歩競技者に告知するための装置であり、屋外のため防水型で視認可能な輝度を備え、予算内に収まる機種選定と防水型筐体の製作を行った。

(4)本システムを用いた競技会の実証

完成したシステムを用いた実証実験は、競技規則がこれらのシステムを想定していないため、実際の競技会で実証実験を行うのは困難であり、競技者、審判員、競技場及び運営スタッフを確保して行うことが必要となる。

4. 研究成果

(1)システムの概要

完成したシステムは図の<1>から<5>で示した複数のサブシステムによって構成されている。競歩競技者が審判員に接近すると、競技者に装着したアクティブタグ<1>から発信されるIDを審判用通信用機器<3>で受信し競技者を特定する。特定された競技者は審判員が持つ審判員用入出力機器（判定用端末）<3>の画面上へ優先的に表示される。違反や注意があった場合、審判員は競技者名と違反内容を選択し、その情報は通信用機器を介して主任審判員の持つ審判員機器へ即時に送信さる。これらの各審判員からの情報を主任が確認操作をすると本部PC<4>に送信される。ここでは、主任が違反情報の削除や修正に対して確認をとれるよう主任審判員の持つ審判員用機器と本部PC両方で集約を行うことができる。本部PCで受信した内容は通信用機器を介

して自動的に告知板用表示機器<5>に送信され表示される。競技後は、本部PCで集計表（サマリーシート）の出力が可能となる。

(2) 違反入力端末装置とアプリケーションの開発（図2）

審判員用入出力機器の仕様決定および実装は、本システムを実際に使う幅広い年代層の競歩審判員それぞれにとって使いやすいものを実現するために、ルールの確認や競技会の視察など競技自体への理解を深める一方で、適宜、要求事項から実装まで確認や改良の意見交換を行い進めた。判定内容を周囲に知られてはならないという規則の遵守、既存用紙の内容およびメモ書きを実現するという要求項目を満たし、なおかつ直感的な操作が可能であるとの理由から、市販のタブレット端末を用いる選択をし、屋外での風雨や視認性、操作耐久性に優れたものを選定した。ここでは、これまで即座に直筆で記入していたものを代替しなければならないため、ユーザーインターフェースの改良を重ね、齟齬がない状態でJavaを用いたAndroidアプリケーションを開発し実装した。

(3) 通信方式選定、通信システムと受信端末の開発

各サブシステムの通信とアプリケーションの開発については図3に示したとおりである。

まず、競技者と審判員が持参する審判用通信器機の通信は、競技者に小型発信器（アクティブタグ）を装着し、このタグから一定間隔ごとにユニークなIDを送信させた。アクティブタグの詳細とその成果については(6)で述べるが、直径約4cmの円形タグに消費電力が少ないZigBeeの無線通信モジュールを内蔵したものを開発した。

次に、競歩審判員が持参する審判用通信器機と入力端末の通信はBluetoothを用いた。入力端末の情報は審判用通信器機を介して本部パソコン（PC）と通信している。この通信には、920MHz帯でLoRaを使用した。他の無線通信方式と比べて長距離通信が可能であるという利点を持ち、この審判用通信器機は、LoRaに加えZigBeeやBluetoothを用いるデバイスと通信するために、複数の無線通信モジュールを備えた。本部PCではアプリケーションを用いて随時集計や告知板への送信、集計表の出力を行う。この通信も920MHz帯であるが、直接有線Lanで大型スクリーンに接続することも可能とした。

(4) 違反集計システムの開発

違反の集計は日本陸連競技規則のサマリーシートに準拠できるものとした。告知板への表示は、競技者が見やすいように既存の告知板をより単純化した。図4に示すとおり、左から競技者ナンバーカード番号、2種類の違反、失格表示の欄とした。また、アプリケーションの画面はこの違反状況を表示する部分と最終更新時間表示部で構成されている。表示部は2つの表で構成されており、競技者数が少ない場合は見やすいよう表を1つにまとめ、競技者数が既定数を超えた場合は行数の変更で対応している。またタイトルバーを含めないフルスクリーン表示が可能

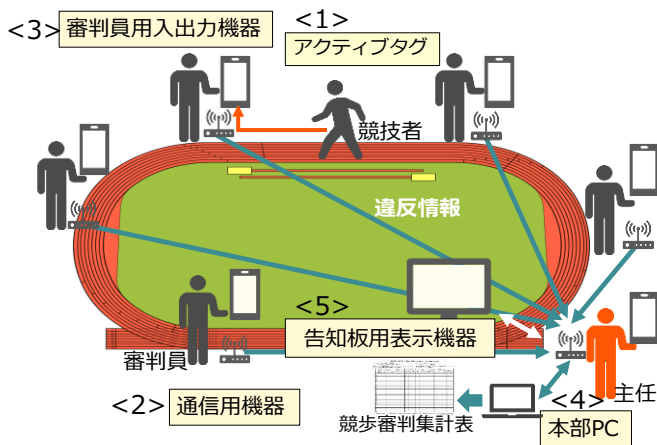


図1 システムの概要



図2 入力端末装置と画面表示例

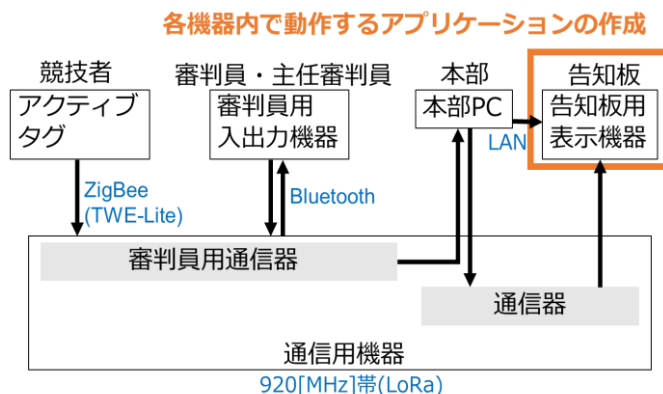


図3 各システムの通信方式

なため、より告知板として分かりやすい形となった。

(5) 違反表示ディスプレイの製作

大型ディスプレイは、違反内容を競歩競技者に告知するための装置である。違反内容を伝えるためには、汎用的なディスプレイでは視認性が悪いため、2000cd以上の輝度で予算に見合う機種を慎重に選定した。また、屋外の使用のため防水型とした。予算面を勘案し、筐体は長野高専技術支援部に製作協力をお願いし、図5に示すとおり堅牢な防水型筐体に仕上がった。

最終更新時間: 09:32:01							
ORD	BENT	LOST	DQ	ORD	BENT	LOST	DQ
0				15			
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			

図4 違反告知表示内容

(6) トラック残周回数揭示システムの開発

本研究でこれまでに開発したアクティブタグを使い新たな「トラック残周回数揭示システム」を開発した。これはトラック競技で自動的に競技者の残周回数を把握し揭示するシステムである。現状は、審判員が競技者のナンバーカードを目視で確認し、手動で残周回数を提示している。出場者数が多いと競技者を瞬時に見分けることは難しく、さらに周回遅れの競技者がいる場合、それぞれの競技者に残周回数を揭示することは非常に困難となっており、この課題を解決するためにも本システムの利用価値は高い。

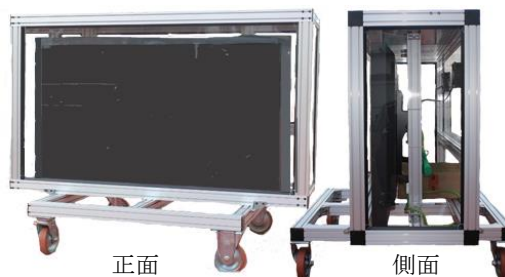


図5 防水型高輝度大型ディスプレイ

このシステムの概要は、図6に示すアクティブタグ（競技者を識別するID情報を発信する）を全競技者のナンバーカードに装着し、フィニッシュライン付近に設置した「打鐘機能付通信中継装置」に接近した競技者情報を審判員が持つタブレット端末に伝達する、同時に「中央処理装置」で全競技者の残周回数を計数し、モニターに掲示するものである。これらの装置とタブレット端末用Androidアプリケーションを開発し、通信実験により動作を確認した。本研究については、IEEE GCCE2019に採録され口頭発表を行い一定の評価を得た。

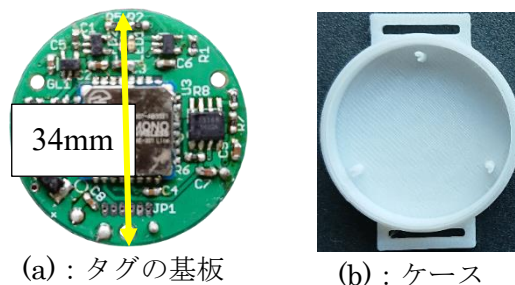


図6 アクティブタグ

(7) 本システムを用いた競技会の実証

完成したシステムを用いた実証実験は、競技規則がこれらのシステムを想定していないため、実際の競技会で実証実験するのは困難であり、競技者、審判員、競技場及び運営スタッフを確保して行うことが必要となる。最終的に予定していた2020年3月は新型コロナウイルス感染拡大防止のため競技会形式での実証実験を行うことが困難となったが、部分的な試行により、本システムを活用

表1 本システムを使用した競技運営の効果

	既存の競技運営	本システムによる運営	効果
競技前	専用紙配布	スプレッドシート読み込み	準備の負担軽減
	集計表準備		
競技中	専用紙に記入	審判員用入出力機器を使用	速やかな収集
	トラック外周を走り届ける(連絡員)	通信用機器で送信	人員の削減
	主任による確認・集計告知板記入	自動収集・集計告知板自動更新	自動集計
競技後	集計表作成	集計表形式のPDF出力	集計表の自動作成

することで表1にまとめたとおり、既存の競技運営より準備段階では専用紙や集計表の準備に係わる負担が軽減できる、競技中は競歩審判員の記録用紙をその都度回収する「連絡員」が不要となり競技運営に係わる人員を削減できる、連絡員が競技種目によってはトラックを25周も小走りするような負担を無くすことができる、集計-違反の告知までの時間が短縮できる、更に、競技後のサマリーシートも速やかに作成・提出することができるなど、大きな効果を得ることができた。

競技規則が改正され、本システムのような通信による違反の伝達が可能になれば、本システムを競技会で運用することが実現できシステムの効果や有用性を発揮できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Keita Nakajima, Ryoji Uchiyama, Koichi Karasawa, Kazuki Ashida	4. 巻 8th
2. 論文標題 The Development of Management System which Counts the Number of the Remaining Laps for Track Competitions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)	6. 最初と最後の頁 1036-1039
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Koichi Wakimoto, Toshifumi Dakeshita, Junichi Wakimoto, Toshiaki Watanabe, Saiki Terasawa, Masao Okuhara, Yuki Murata, Naoya Taki, Ryoji Uchiyama, Kazuki Ashida, Suchinda Jarupat Maruo, Koji Terasawa	4. 巻 4
2. 論文標題 Effects of triple-treatment trunk stretching on physical fitness and curvature of the spine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e00985-993
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iori Takagi, Yuki Amari, Teruyoshi Asari, Kazuki Ashida, Koichi Karasawa, Yuki Ogawa and Ryoji Uchiyama	4. 巻 6
2. 論文標題 The Development of the Violation Management System in Walking Races	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)	6. 最初と最後の頁 330-331
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） GCCE	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 土屋 美空, 芦田 和毅, 中嶋 景太, 内山 了治
2. 発表標題 競歩競技における歩型違反管理システムの開発
3. 学会等名 長野体育学会第55回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内山了治, 児玉英樹, 小川裕樹
2. 発表標題 長野高専体育・スポーツへの工学的な支援について
3. 学会等名 関東信越地区高等専門学校体育・スポーツ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芦田 和毅, 小川 裕樹, 内山 了治
2. 発表標題 陸上競技の長距離・競歩種目における周回等確認補助システムの開発
3. 学会等名 日本スポーツ産業学会第26回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 芦田和毅, 内山了治, 小川裕樹, 高木衣織, 甘利雄貴
2. 発表標題 競歩競技における歩型違反管理システムの開発(2)
3. 学会等名 日本陸上競技学会 第16回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内山了治, 芦田和毅, 小川裕樹, 高木衣織
2. 発表標題 競歩競技における歩型違反管理システムの開発(1) - 歩型違反入力システムの開発 -
3. 学会等名 日本陸上競技学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 内山了治, 芦田和毅, 小川裕樹, 高木衣織
2. 発表標題 競歩競技の運営省略化の試み(1)
3. 学会等名 関東信越地区高等専門学校体育・スポーツ研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	芦田 和毅 (Ashida Kazuki) (70377612)	長野工業高等専門学校・電子情報工学科・准教授 (53601)	