リアルタイム動体検出技術の開発とカーリング会場内観戦者向けストーン位置情報配信トライアル

とくなが　てつろう†1　とのむら　よしひで†1
徳永　徹郎　/外村　喜秀
しまむら　じゅん†1　はまむら　ふみひさ†2
島村　潤　/濱村　文久
かきもと　ひろあき†2
柿元　宏晃

NTTサービスエボリューション研究所†1
NTT新ビジネス推進室†2

NTTサービスエボリューション研究所では，映像サービスの高度化に向け映像理解を伴ったトラッキング技術の研究開発に取り組んでいます．本技術は，認識性能の高さと短い処理時間の両立を特徴とし，パブリックビューイングやスタジアムソリューションへの応用が期待されています．本稿では，本技術を適用した2017冬季アジア札幌大会におけるカーリング会場内観戦者向けストーン位置情報配信トライアルについて紹介します．

映像サービスの高度化に向けたトラッキング技術の研究開発

NTTサービスエボリューション研究所では，パブリックビューイングやスタジアムソリューションの高度化に向けて，リアルタイムに映像内の物体を認識し追跡するトラッキング技術の研究開発に取り組んでいます．今，正に行われている競技や演劇を観戦している観客に有意な情報を提供すべく，短い処理時間と物体認識の高い精度を両立するトラッキング技術をめざしています．映像理解を伴ったトラッキング技術の応用として，競技選手やボールを認識・追跡しAR（Augmented Reality）のように情報を重畳表示することや，役者の手の動きを認識・追跡し演出を加えるなど，新たな映像サービスの実現が期待されています．

本稿では，まずカーリングストーンを対象とし開発したリアルタイム動体検出技術の概要を述べ，次にこの技術を組み込んだシステムを用いて実施した2017冬季アジア札幌大会のカーリング競技における実証トライアルを紹介します．

冬季アジア大会における新観戦体験に関する実証実験

札幌市とNTTは，2017年2月19～26日に北海道札幌市で開催された2017冬季アジア札幌大会において，ICT先端技術を活用した新たな観戦体験に関する実証実験を実施しました．この実証実験では，2017冬季アジア札幌大会公式アプリの提供を通して，フィギュアスケート，アイスホッケー，カーリングの3競技で従来の会場観戦やTV観戦では体験できない新たな観戦体験サービスを提供しました．

カーリング観戦においては，現在のストーン位置を正確に把握することが，試合状況の正確な把握につながります．しかし，競技会場の観客席からは，ハウスおよびシートを真上から見ることができないため，ストーン位置を正確に把握することが困難という問題がありました．そこで私たちは，観戦者の手元にあるスマートフォンに現在目の前で行われている試合のストーン位置情報を配信することにより，会場内観戦者が試合状況の把握を可能とする新たな観戦体験サービスを提供しました．

試合状況の把握に役立つようストーン位置情報を配信するためには，試合の進行に間に合うように試合中のストーン位置を取得する必要があります．そこで，動体としてストーン位置をリアルタイムに検出する技術を開発し，カーリング会場内観戦者向けストーン位置情報配信トライアルを行いました（**図1**）．

カーリングストーンを対象としたリアルタイム動体検出技術

今回，ホッグラインとバックラインの間の有効領域内の全ストーンの位置を，競技者と競技具に手を加えず，低コストに検出するため，会場既存のストーンおよび会場既設のカメラを活用することにしました．試合中のシート上カメラは撮影範囲が限定され，かつ自由に制御できないため，試合を行っていないシート上カメラを用い，有効領域を俯瞰可能な向きにして撮影しました（**図2**）．

このように撮影した映像を入力として，各ストーンのチームを示す色とその位置座標をリアルタイムに検出する技術を開発しました．映像のフレームごとの処理の流れを**図3**に示します．以下，各処理の概要を説明します．

① 射影変換：図1にあるように，

斜め向きの入力画像を真上からの向きに射影変換します．以降の処理は，射影変換後の有効領域のみに限定することにより計算量を削減します．

② 前景の抽出：事前にストーンや選手が写っていない背景画像を撮影しておき，背景差分処理により前景を抽出し，これをストーン候補領域として次の処理へ移ります．

③ 色による抽出：今回，ストーン上面部分の色は赤と黄の2色だったので，事前に用意したストーン画像から，2種類の色のパターンを記録しておきます．この赤と黄のパターンとストーン候補領域とを比較して，似ている色のストーン候補領域に絞り込み，次の処理へ移ります．

④ 形状による抽出：この処理に入力されるストーン候補領域には，例えば，選手のユニホームの色が赤や黄に近い場合は，これも含まれます．このような候補領域を除外しストーンを検出するため，ストーン候補領域から輪郭線を検出し，その形状や大きさからストーンかどうかを判定します．

⑤ 座標の補正：射影変換は対象が平面であることを想定しているため，ストーン上面のように高さを持ったものは，実際の位置からずれた位置に変換されます．このため，検出された位置を補正して，より正確な位置を推定する処理を行い，最後にプログラムの処理結果として，このフレームにおけるストーンの色と座標の組を出力します．

図1　2017冬季アジア札幌大会での新たな観戦体験に関する実証実験（カーリング）

カーリング会場内観戦者向けストーン位置情報配信システムおよびトライアル

開発したリアルタイム動体検出技術を基に，ストーン位置情報配信システムを構築しました．本システムは，1

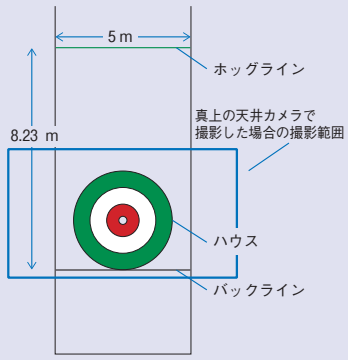


図2　カーリングのハウス付近

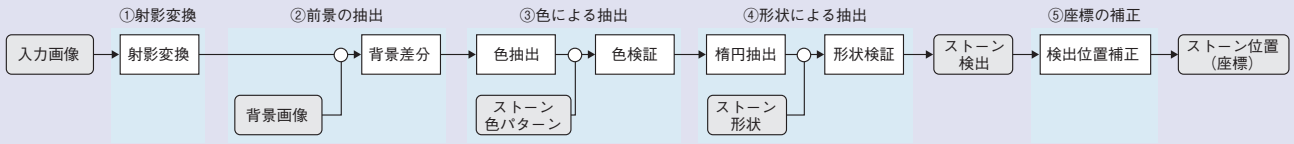


図3　ストーン位置リアルタイム自動検出プログラムのあるフレームでの処理フロー

投球が終了するたびにストーン位置をスマートフォンアプリに配信することにより，会場内観戦者のストーン位置情報把握を実現します．１投球の終了タイミング（全ストーンが停止したタイミング）を認識する機能は今回プログラムとしては実装せず，操作者が目視により確認する仕様としました．

１シート当りの本システムの概略構成を**図４**に示します．以下，本システムの概要を説明します．

前述のとおり，カーリング場既設のカメラ映像から映像信号を分配させ，その映像を本システムの入力映像として利用します．ただし，カーリングではエンド*ごとに投げる方向が入れ変わるため，入力映像に収める有効領域をエンドごとに切り替える必要があります．そのためスイッチャを設置し，映像解析PCに入力する映像を，２つのカメラの映像から選択できるようにしました．

映像解析PCにおいては，操作者が１投球の終了タイミングを目視により確認し操作すると，リアルタイム動体検出技術により映像からストーンの位置を検出し配信制御PCに送ります．

配信制御PCにおいては，受け取ったストーン位置情報の正誤を操作者の目視により確認し，誤りがある場合は修正し，配信サーバにアップロードします．配信サーバにはスマートフォンアプリが数秒おきにアクセスしており，ストーン位置情報の更新を検知すると，その情報を取得しアプリの表示内容を更新します．

２月18～24日までのカーリング競技実施中，本システムの実証トライアルを実施しました．期間中，本システムは問題なく稼動し，かつ利用者およびカーリング協会関係者の好評を博しました．

トライアルにおけるストーン位置検出結果の精度評価

2017冬季アジア札幌大会のカーリング競技，男女合わせて21試合の映像を対象として，ストーン位置検出結果の精度評価を行いました．ここでは，配信制御PCの操作者が目視確認および修正した後のストーン位置を，正解の位置情報としました．

試合ごとの，配信制御PCの操作者に修正されたストーンの個数，位置検出対象である有効領域に置かれた全ストーンの個数，およびストーンごとの被修正率を**表**に示します．試合ごとの被修正率は1.12～25.98%となり，全試合で11.12%となりました．したがって，配信制御PCの操作者による修正が不要であった確率は約90%となります．

修正されたストーンの位置をストーン色別に分けて，シート上にプロットしたものを**図５**に示します．比較すると，赤ストーンのほうが修正された回数が多いことが分かります．特にハウスの赤色の円上に多くのプロット点が出現しています．これはハウスの赤色と赤ストーンの色が酷似しており，誤検出が生じたためと推察されます．

今後の展開

本稿では，カーリングストーンを対象としたリアルタイム動体検出技術，この技術を組み込んだストーン位置情報配信システム，このシステムを用いて実施した2017冬季アジア札幌大会における実証トライアルを紹介しました．トライアルにおいては，ストーン位置を90％の正解率で検出することができました．また，大会期間中，無

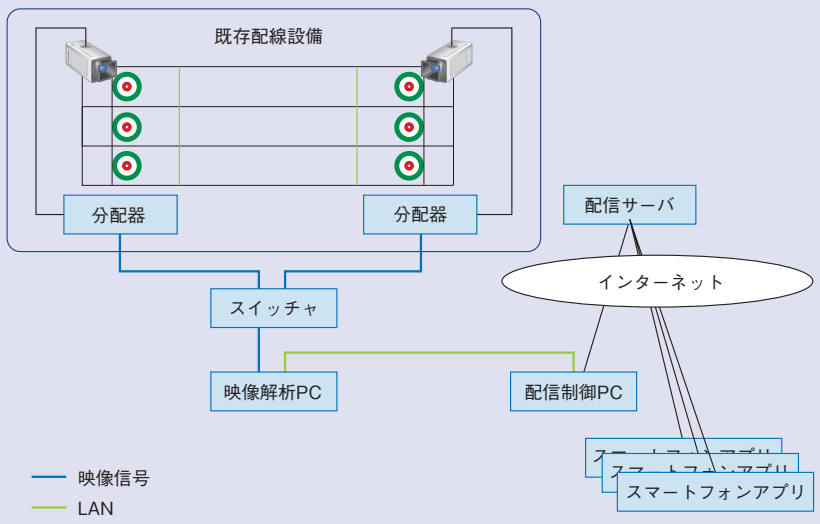
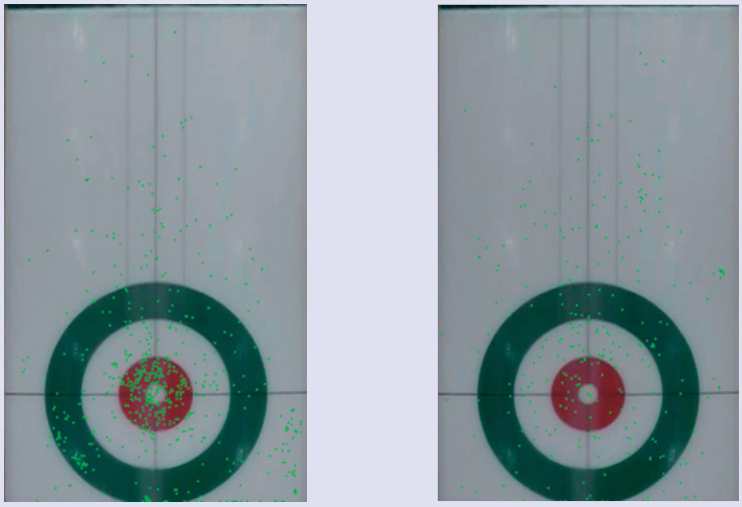


図４　カーリングストーン位置情報配信システム構成図

＊エンド：カーリングにおける，ゲーム中の１回の攻守．各チーム８投ずつ両チーム合わせて16投が終わると１エンド終了となります．

表　試合ごとの被修正率

試合ID	1試合当りの被修正ストーン数	1試合当りの解析対象全ストーン数	被修正率(%)
1	43	416	10.34
2	43	606	7.10
3	69	582	11.86
4	18	669	2.69
5	95	552	17.21
6	63	570	11.05
7	23	471	4.88
8	38	492	7.72
9	56	334	16.77
10	20	560	3.57
11	90	568	15.85
12	35	551	6.35
13	65	583	11.15
14	88	594	14.81
15	28	383	7.31
16	123	547	22.49
17	157	701	22.40
18	5	447	1.12
19	27	546	4.95
20	153	589	25.98
21	31	657	4.72
合計	1270	11418	11.12



(a)　赤ストーン　　(b)　黄ストーン

図5　修正されたストーン位置（ストーン色別）

事にカーリング会場内観戦者へストーン位置情報を配信する新観戦体験サービスを提供することができました．

今後，研究開発を進めて，動体の軌跡情報を用いたトラッキングの高精度化や，認識可能な物体数の拡大を図っていきます．これにより，スポーツのこれまでにない見せ方や，エンタテインメントにおける新たな演出など，新たな映像サービスの提供を実現したいと考えています．

（上段左から）外村　喜秀/ 徳永　徹郎/
島村　　潤
（下段左から）濱村　文久/ 柿元　宏晃

映像理解を伴った物体認識・トラッキング技術の研究開発と，新たな技術の使い方の提案により，これまでに体験したことのない映像活用サービスを提供できるよう，研究活動に取り組んでいきます．

◆問い合わせ先
NTTサービスエボリューション研究所
ナチュラルコミュニケーションプロジェクト
TEL　046-859-3901
E-mail　ecp-hosa@lab.ntt.co.jp