

スタートロボットの開発

The Start Robot for Standardization Tests of the False Start Apparatus for Track and Field

横倉 三郎, 梶原 洋子, 倉賀野 哲造

YOKOKURA Saburo, KAJIWARA Yoko, and KURAGANO Tetsuzo

Abstract

In short-distance races of international athletic meets such as the Olympic Games and the World Championships in Athletics, the use of false start apparatuses is required (International Association of Athletics Federations: IAAF Rules No. 1, Clause 1, a-c). Several types of the false start apparatuses have been approved by the IAAF and are being used in parallel at major international competitions, and they do not have the detection system that IAAF decided and the designated verification bodies. Furthermore, it is the present conditions that the false start apparatus is used in a competition by maker's original adjustment, and start robot having the reproducibility is necessary to perform unified test and calibration of an apparatus. This study is the report of the developed start robot which can reproduce the force that a sprinter kicks the foot plates of the starting block in a start action. The start robot is comprised of the air actuator of two forces of the strength and weakness, several air speed controllers, the air piloted valve and the microcomputer, and is operated by a command sent from the personal computer. The start action of the start robot can reproduce strong, weak, twitch, two stages and moment decrease, and muscle swing start. The start robot that we have developed was working with the error of less than 1/1000 second and was able to reproduce the start action force.

1. はじめに

オリンピックの陸上競技や陸上世界選手権の 400m 走までにおいて、フライングスタート判定装置を使用することが必要になった。(International Association of Athletic Federations: IAAF Rules No.1, Clause 1, a-c) フライングスタート判定装置は、短距離走がスタートの合図を予想してスタートすることなどを防止することにより、公平に行われることを目的として開発された。フライングスタート判定装置は、スタート合図の号砲から、競技者の最初の動作までの反応時間を計測する。そして、競技者がフライングスタートをしたかどうかを自動的に判定する。

今日、フライングスタート判定装置には2つのタイプがあり、これらは IAAF の公認になっている。1つは、閾値固定型のシステム(FTLDS)であり、他は閾値変動型のシステム(DTLDS)である。閾値固定型システム(FTLDS)は、1972年ミュンヘンオリンピックの時以来使用されている。そして、閾値変動型システムは 1995年のイェーテボリの陸上世界選手権の時以来使用されてい

る。

過去の研究では、同じイベントで同じ競技者のスタート状態を異なったフライングスタート装置で計測すると、スタート反応時間が異なるが報告されている[2, 3, 4]。これらの装置は、規定された較正装置を用いずに使用されているのが現状である。

本研究は、スプリンターの特徴的なスタート動作で現れる力である **Strong Start**, **Weak Start**, **Twitch Start**, **Two Stages Start and Moment Decrease Start** が再現でき、さらに、**Muscle swing** も表現できるスタート・ロボットを開発した。このスタート・ロボットは、1/1000 秒未満の誤差で動作し、それぞれのスタート動作の力を再現することができた。

スタート・ロボットは、スターティングブロックの較正のために十分実用に供することができたので報告する。

2. 実験方法

スプリンターのスタート動作は、スターティングブロックのフットプレートを強く蹴りスタートする。スターティングブロックは、フットプレートに加えられた力を計測しスプリンターのスタート動作を検出している。

スプリンターがスタート動作でスターティングブロックを作用する力は、**Strong Start**, **Weak Start** 動作では図 1 (a)と図 1 (b), **Twitch Start** 動作では図 1 (c)、**Two Stages Start** 動作では図 1 (d)に示す変化となる。**Moment Decrease Start** 動作では図 1 (e)に示す変化となる。さらに、スタート動作前の力に **Muscle Swing** が多く含まれる場合の力は、図 1 (f)に示す変化となる。スタート・ロボットは、これらの力の変化を忠実に再現できることが要求される。

開発したスタート・ロボットのシステムは、強弱 2 つのエア・アクチュエータと複数の空気スピード・コントローラおよび電磁バルブで構成されている。電磁バルブは、マイクロコンピュータで制御されパーソナルコンピュータからのコマンドで動作する。スタート・ロボットのエア・システムを図 2 に示す。このシステムは、強弱 2 つのエア・アクチュエータを直列に接続され、スターティングブロックのフットプレートにスプリンターのスタート動作と同じ力を加えることができる。スタート・ロボットのエア・システムの構成を図 2 に示す。

強い力のエア・アクチュエータ 1 は、1MPa の空気圧で最大 1962.5N (200kgf) の力を加えることができスタート動作の力の変化を再現することができる。直列に接続された弱い力のエア・アクチュエータ 2 は、ピクッと動いた力や筋肉の震えなど小さな力を再現することができる。これら 2 つのエア・アクチュエータは、マイクロコンピュータにより各エアバルブのポート切り替えにより制御されている。さらに、各力の変化の立ち上がり速度や立下り速度は、各スピード・コントローラを調整することにより可能としている。作成したスタート・ロボットとエア・システムの写真を図 3 に示す。エア・アクチュエータ 1 とエア・アクチュエータ 2 に着目して拡大した写真を図 4 に示す。

スタート・ロボットが動作するタイミングは、図 5 に示すパーソナルコンピュータのパラメータ設定画面で設定する。パラメータ設定画面は上から順に **Strong (Normal) Start**, **Weak Start**, **Twitch Start**, **Two Stages Start**, **Moment Decrease Start**, **Muscle Swing** になっている。

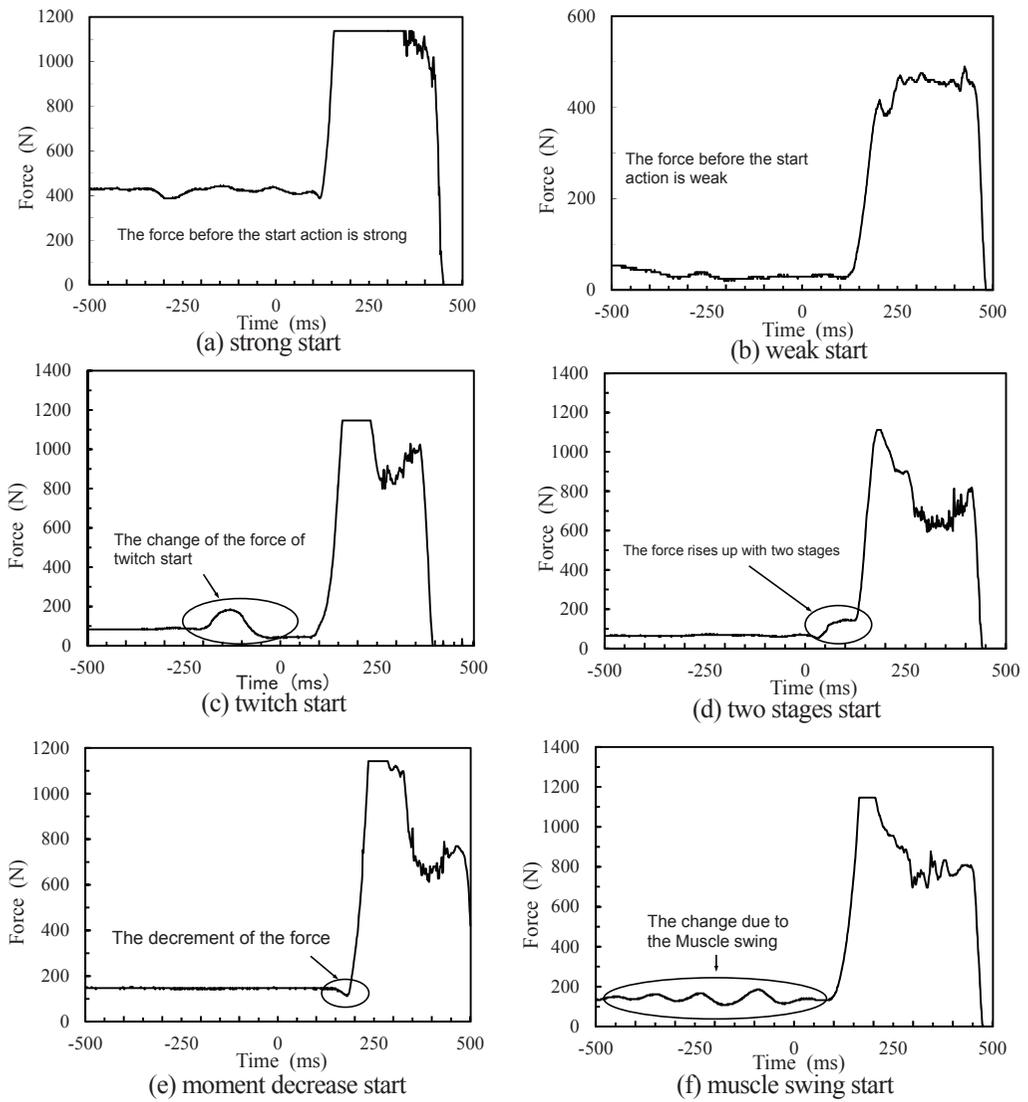


Figure 1. Force distinctive patterns for start action

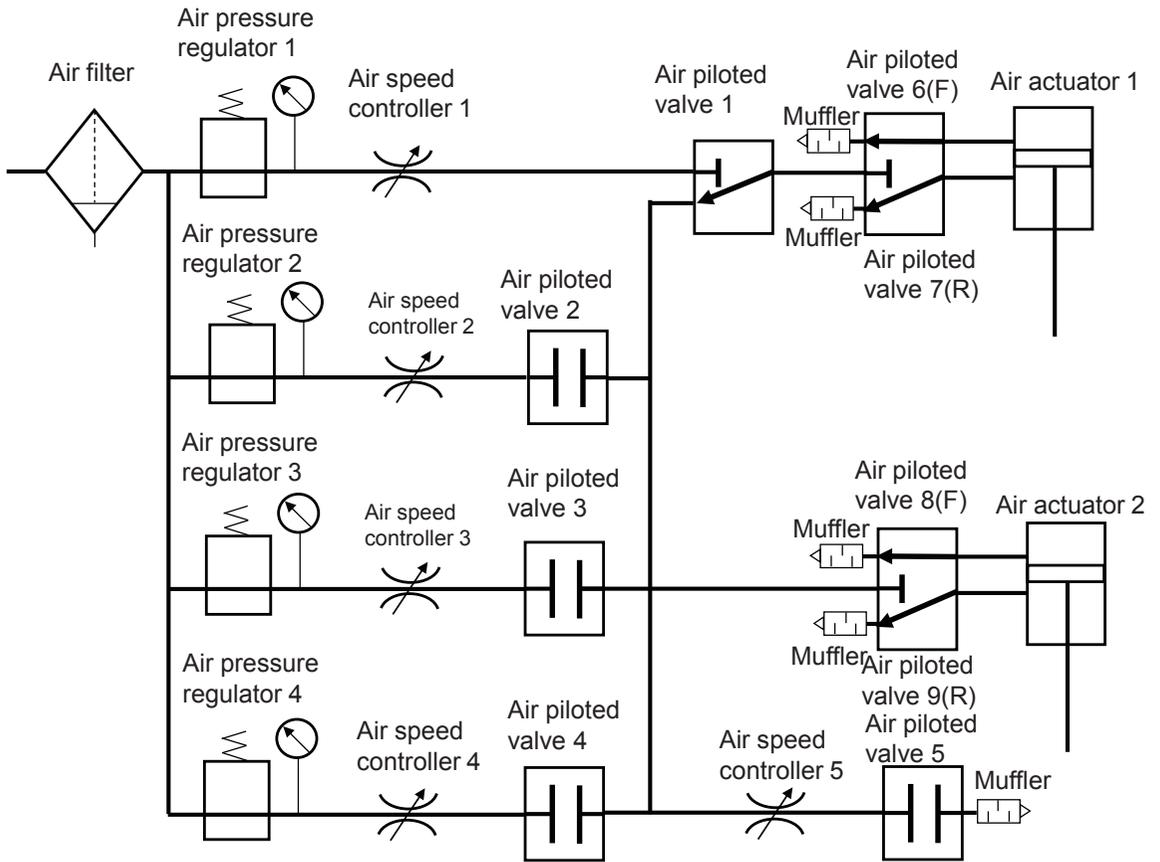


Figure 2. Air system configuration of the start robot

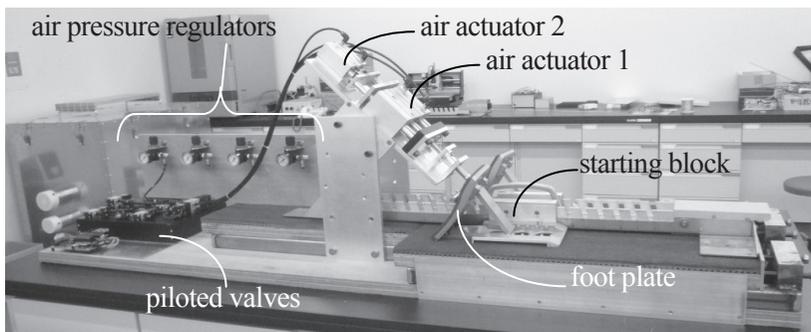


Figure 3. Start robot and air system

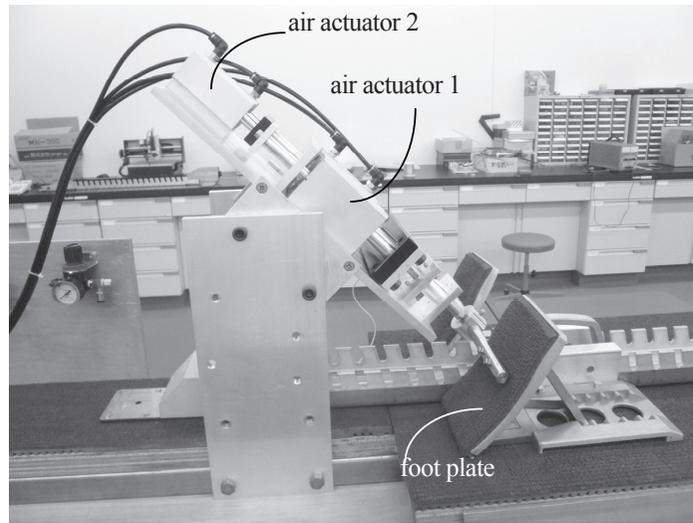


Figure 4. Start robot and air system
(air actuator 1 and 2 enlarged)

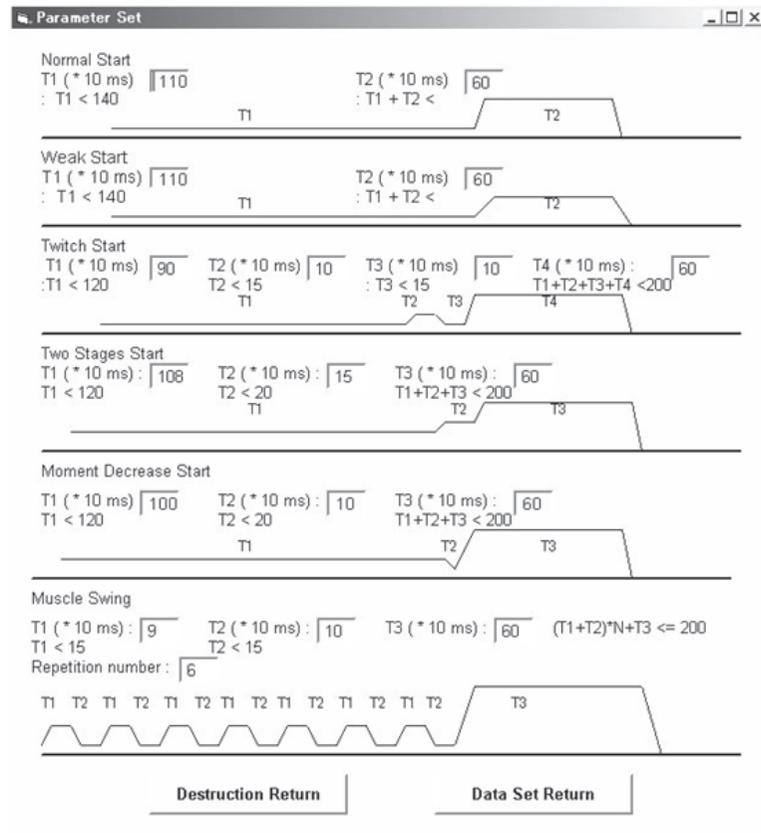
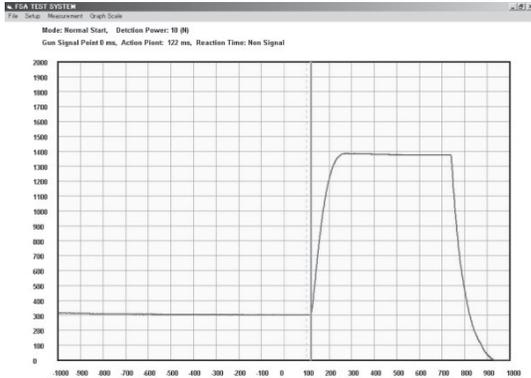
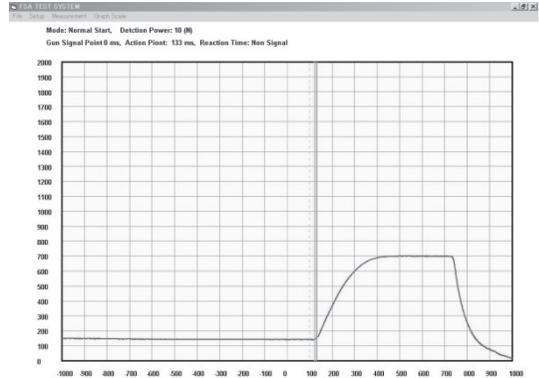


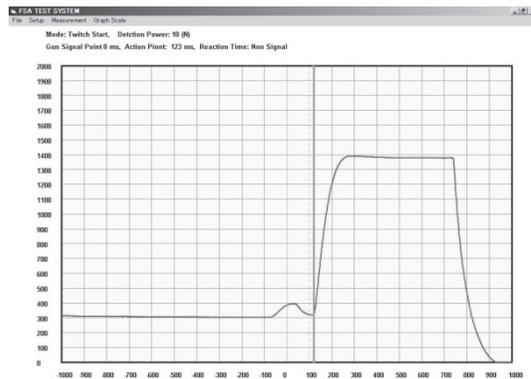
Figure 5. Parameter setting up screen



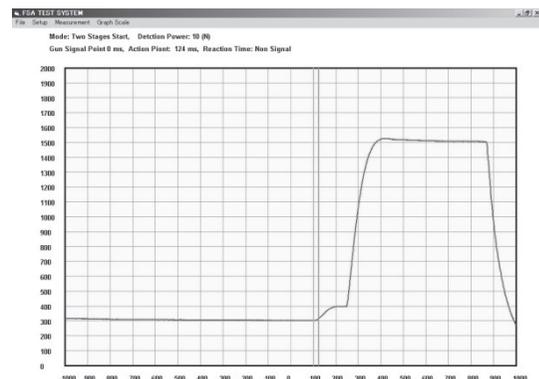
(a) strong start



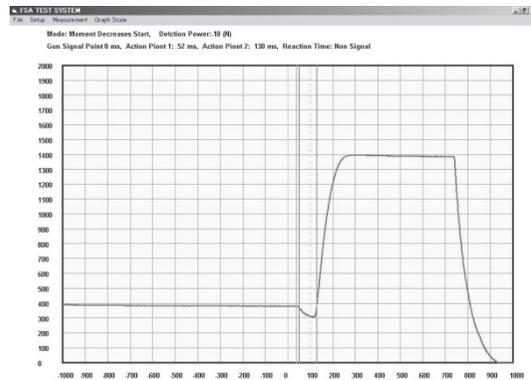
(b) weak start



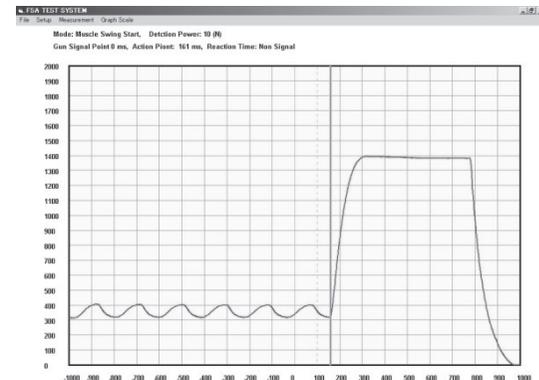
(c) twitch start



(d) two stages start



(e) moment decrease start



(f) muscle swing start

Figure 6. Experimental results of distinctive start action

3. 実験結果

Strong Start の実験は、スプリンターが静止しているときの力をレギュレータ 2 で強く設定し、スタート動作の力をレギュレータ 1 で強く設定し、バルブ 1 のポートを切り替えエア・アクチュエータ 1 で印加する。この時の力の立ち上がり特性は、スピード・コントローラ 1 により制御する。この設定で実験を行った結果は、図 6 (a) に示す特性となる。

Weak Start の実験は、スプリンターが静止しているときの力をレギュレータ 2 で弱く設定し、スタート動作の力をレギュレータ 1 で弱く設定し、バルブ 1 のポートを切り替えエア・アクチュエータ 1 で印加する。この時の力の立ち上がり特性は、スピード・コントローラ 1 により制御する。この設定で実験を行った結果は、図 6 (b) に示す特性となる。

Twitch Start の実験は、レギュレータ 3 にピクッと動いた力を設定しエア・アクチュエータ 2 の力を加えさらに開放する。この結果は、図 6 (c) に示す特性となりスタート動作直前に小さな力の変化を作り出すことができた。

Two Stage Start の実験は、スタート動作直前にエア・アクチュエータ 2 の力を印加したままエア・アクチュエータ 1 を動作させる。この結果は、図 6 (d) に示す特性となり動作直前に小さな力を加えることができた。

Moment Decrease Start は、スプリンターが静止している力をレギュレータ 2 と、レギュレータ 3 で印加しスタート動作直前にレギュレータ 3 解除することにより減圧特性を再現する。この結果は、図 6 (e) に示す特性となる。

スタート動作前の力に **Muscle Swing** が含まれる場合は、スプリンターが静止している力をレギュレータ 2 で印加し、レギュレータ 3 の力を印加および解除を繰り返す。この結果は、図 6 (f) に示すようにスプリンターが静止しているときの力を表現することができた。

4. 結論

本研究で開発したスタート・ロボットは、レギュレータ, スピード・コントローラおよびマイクロコンピュータで制御された電磁バルブによりさまざまな動作の力をスターティングブロックに加えることを可能にした。また、後方へ印加する力の方向は、水平方向から 15 度きざみで最高 45 度まで変更することが可能である。実験結果から、開発したスタート・ロボットは、1 ミリ秒未満の誤差でスタート動作を再現できるために **false start apparatus** を較正することを可能にした。現在このロボットは、さまざまなスタート動作ごとに各部を調整する必要がある。しかし今後は、レギュレータやスピード・コントローラおよび電磁バルブの数を増やすことにより全自動化を図る予定である。

参考文献

- [1]International Association of Athletics Federations (2010-2011). IAAF COMPETITION RULES: www.iaaf.org/competitions/technical/regulations/index.html
- [2]Nozaki T., Yokokura S., Kajiwara Y. (2001). Difference of start reaction time between two false start apparatuses: Comparison of Sydney Olympics and Edmonton World Championships. Bulletin of Track and Field of JAAF, No. 15, 39-47.
- [3]Yokokura S., Nozaki T. & Kajiwara Y. (2002). Reaction time of false start apparatuses. Bulletin of Track and Field of JAAF, No. 14, 39-45,
- [4]Nozaki T., Yokokura S., Kajiwara Y., Kimura K., & Tacano M. (2003). Difference of start reaction time between two false start apparatuses. Proceedings of The 4th ICHPER・SD ASIA CONGRESS, 246-250.