



ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が飛距離に及ぼす影響

前田, 正登
丹松, 由美子

(Citation)

スポーツ方法学研究, 21(2):139-145

(Issue Date)

2008-03

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001656>



ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が 飛距離に及ぼす影響

Effects of turbo-jav release conditions on throwing distance in javelic throw

前 田 正 登 (神戸大学大学院人間発達環境学研究科)

丹 松 由美子 (神戸大学大学院人間発達環境学研究科)

Masato Maeda *

Yumiko Tanmatsu *

Abstract

The turbo-jav is used in the javelic throw as an introduction to the javelin throw or as a technical tool with which to practice the javelin throw. The present study investigated the effects of turbo-jav release conditions on throwing distance in the javelic throw. The javelic throws of 43 junior high school and 6 university students were measured. Each turbo-jav throw by a university student was videotaped using two high-speed video cameras, while each throw by a junior high school student was videotaped using two standard-speed video cameras. Each condition of release of the turbo-jav was measured using the 3-dimensional DLT method. Each turbo-jav thrown by a university student was videotaped during flight using four video cameras. Subsequently, each turbo-jav flight was measured using the 2-dimensional DLT method.

The results revealed a significant positive correlation between initial velocity and throwing distance in the javelic throw ($r=0.837$, $p<0.01$). Throwing distance for the turbo-jav was found to be long even when the angle of attack is greater than 20 degrees. When the turbo-jav is thrown, the actual throwing distance is smaller than the theoretical throwing distance without air. In other words, the flight characteristics indicate that the flight of the turbo-jav in the javelic throw differs from that of a thrown javelin.

Key words : javelic throw, release condition, throwing distance, angle of attack, turbo-jav
ジャベリックスロー, 投射初期条件, 飛距離, 迎え角, ターボジャブ

I. 緒 言

ジャベリックスローは、やり投げに繋がる種目として、ジュニアオリンピックで行われている陸上競技の正式種目である。ジャベリックスローでは、ターボジャブ（長さ：0.7m、重さ：300g、ポリエチレン製）と呼ばれる競技用ヤリに似た細長い器具を投げ、その投てき距離を競う。しかしながら、競技として成立しているにもかかわらず、ターボジャブの諸特性は、競技用ヤリほど十分な検討がなされているわけではない。ターボジャブがやり投げの導入種目として位置づけられていることや、形状が競技用ヤリに似ていること、開発者がやり投げの世界記録保持者であったことなどが背景となり、ターボジャブは競技用ヤリと同様の特性を有していると思われているようである。

これまでに、ジャベリックスローに関する研究（阿江ほか，2001；太田ほか，2002）は散見されるが、いずれもターボジャブ投げとしてやり投げに繋がることを想定した投げ動作の比較研究であり、ターボジャブの諸特性について調査検討したものは見当たらない。ジャベリックスローが競技として存在する以上、使用される器具の特性について検討することは必要なことである。

本研究では、ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が飛距離に及ぼす影響を検討するとともに、ターボジャブの飛行特性を明らかにするものである。

II. 方 法

1. 被験者及び対象

被験者の属性を表1に示す。被験者は、やり投げ経験者（以後、経験者とする）を含む男子大学生及び男子中学生の計49名とした。中学生はすべて3年生で、一般大学生（以後、大学生とする）及び中学生は、ジャベリックスローもやり投げもこれまでに経験したことが無い者であった。

表1の被験者のうち、中学生43名には一人につき2回で計86回、経験者3名と大学生3名には一人につき10～30回で、計150回の試技を行わせた。これらのうち、経験者および大学生の試技については、被験者自身の判断による失敗試技を除いて、経験者62投及び大学生78投の計140投を分析対象の試技とした。

2. 実験方法

(1) 経験者及び大学生を対象とした実験

対象の被験者全員にジャベリックスローを行わせ、リリース時のターボジャブの初期状態を同期された2台の高速度ビデオカメラ（FASTCAM-rabbit-2、フォトロン；240fps）を用いて撮影した。また、リリース後のターボジャブの飛行挙動を同期された4台のビデオカメラ（XC-009：2台；DXC-200A：2台、SONY；60fps）を用いて、リリース付近から落下位置付近までの範囲を分割して撮影した。

これらの試技は三角法によりターボジャブの落下位置を特定し、実験終了後に投てき距離を算出した。

Table 1 被験者の属性と分析対象試技数

			身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (yrs)	やり投げ経験 (yrs)	分析対象 試技数
中学生※ (n=43)			166.4 ± 6.0	54.1 ± 9.2	14.0 ± 0.0	0	86
大学生	経験者	(n=3)	178.3 ± 2.3	68.3 ± 3.2	22.3 ± 2.1	4.7 ± 3.2	62
	一般学生	(n=3)	173.3 ± 2.1	66.0 ± 2.0	21.7 ± 0.6	0	78

※ 中学生は全員3年生であるため、年齢に差はない

(2) 中学生を対象とした実験

対象の被験者全員にジャベリックスローを行わせ、リリース時のターボジャブの初期状態を同期された2台のビデオカメラ（DXC-200A, SONY；60fps）を用いて撮影した。また、これらの試技について実験終了後に投てき距離を実測した。

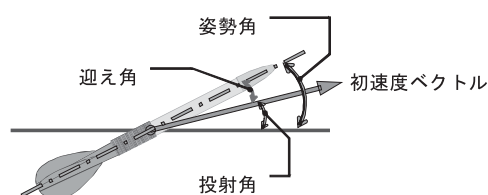


図1a 角度設定（矢状面）

3. 分析方法

リリース時のターボジャブの初期状態は、3次元ビデオ動作解析システム（Frame-DIAS II，ディケイエイチ）を用いて分析を行った。コンピュータに取り込んだ映像をもとに、ターボジャブの先端、重心位置及び後端の3ヵ所をデジタイズし、これら3点の3次元位置座標を得た。これらのデータはデジタルフィルタを用いて10Hzで平滑化を行った。なお、本研究では被験者の前後方向をx軸（被験者の前方方向を正）、左右方向をy軸（被験者の左方向を正）、鉛直方向をz軸（被験者の鉛直上向きを正）とした。

経験者及び大学生を対象とした実験についての測定の標準誤差は、x軸方向に0.20cm、y軸方向に0.43cm、z軸方向に0.20cmであった。また、中学生を対象とした実験についての測定の標準誤差はx軸方向に0.31cm、y軸方向に0.53cm、z軸方向に0.42cmであった。

リリースした地点からターボジャブが落下した地点までの水平距離を飛距離とし、分析時にリリースポイントから助走路の円弧までの水平距離を算出し、投てき距離に加えたものを飛距離として用いた。

本研究では、完全に手がターボジャブから離れたと判断された直前のコマの時点リリース時と設定した。そして、リリース時におけるターボジャブの初期状態（初速度、投射角、投射高、姿勢角及び迎え角）を算出した。なお、各角度の定義は図1aと図1bに示す通りとした。

これらのターボジャブ投射時に関する角度は、図1aに示す矢状面においてだけでなく、水平面においても考えられ得る。本研究では、尾縣と関岡（1986）やBartlett et al.（1996）の定義を参考に図1aの矢状面（x-z平面）における各角度を、

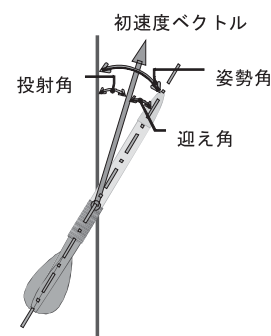


図1b 角度設定（水平面）

姿勢角、投射角及び迎え角とし、図1bの水平面（x-y平面）における各角度をそれぞれ、水平面姿勢角、水平面投射角及び水平面迎え角と区別して表記する。

リリース時におけるターボジャブの初速度、投射角及び投射高から、空気の影響を無視した“理論飛距離”を次式により算出し（桜井，1992）、実際の飛距離と比較した。

$$R = \frac{v_0^2 \cos \alpha}{g} \left(\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \frac{2gh}{v_0^2}} \right)$$

R ：理論飛距離、 v_0 ：初速度、 α ：投射角、 g ：重力加速度、 h ：投射高

リリース後のターボジャブの飛行挙動は、分割された範囲ごとに映像をコンピュータに取り込み、2次元ビデオ動作解析システム（Frame-DIAS II，ディケイエイチ）を用いて、それぞれの映像範囲におけるターボジャブの先端、重心位置及び後端の3ヵ所をデジタイズした。分割された範囲ごとにデジタイズされたデータは再合成し、ターボジャブの飛行全体の2次元位置座標とした後、デジタルフィルタにより平滑化を行った。

Ⅲ. 結 果

経験者と大学生による投てき実験において、ターボジャブが落下した位置を図2に示す。図に見られるように、全試技とも競技規則で定められた有効投てき範囲に収まっており、かつ、ジャベリックスローの記録も15～50m付近まで広範囲にわたっており、本実験の試技が様々な投射初期条件での有効投てきであったことが窺える。

被験者全員の全試技におけるターボジャブの初速度と飛距離の関係を図3に示す。両者の関係は、 $r=0.837$ ($p<0.01$) の極めて高い相関を示した。

被験者全員の全試技におけるターボジャブの投射角と飛距離の関係を図4に示す。全体として、30～45度の間に多く分布していたが、50mを超える飛距離の試技では30度前後の投射角であった。また、40～45度の比較的大きい投射角であっても45mを超える試技がみられた。

迎え角と飛距離の関係を図5aに示す。被験者全体としては、-5～50度付近まで広く分布しており、迎え角が小さいほど飛距離が大きい試技が多くなっていく傾向がみられた。また、20～30

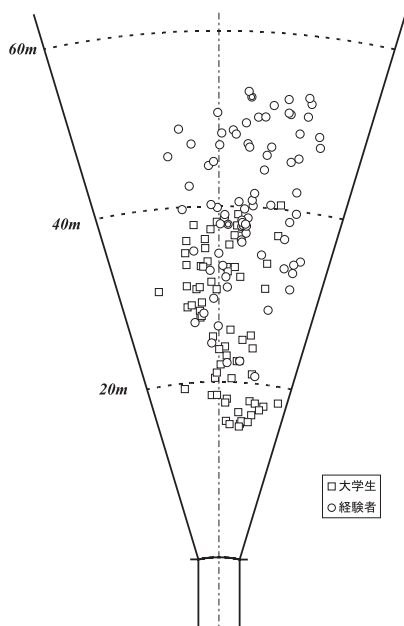


図2 ターボジャブの落下位置

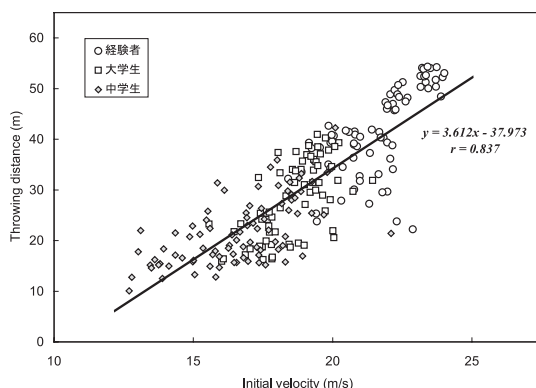


図3 初速度と飛距離の関係

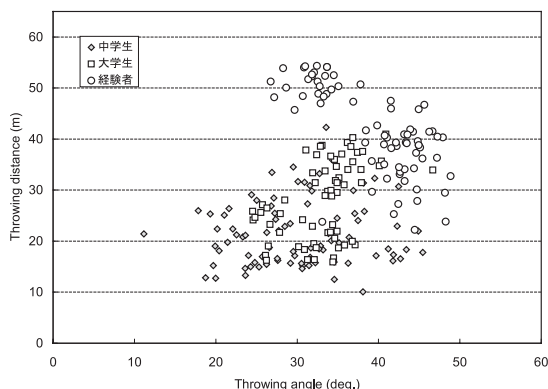


図4 投射角と飛距離の関係

度の比較的大きい迎え角であっても40mを超える試技が認められた。一方、中学生と経験者及び大学生を比較すると、中学生が5～50度程度の分布であったのに対して経験者及び大学生では-5～30度の分布になっていた。

図5bの水平面迎え角と飛距離の関係では、全体的に特徴的な傾向はみられなかった。水平面迎え角が0度に近くない試技であっても飛距離が大きい試技も多く見られた。

ターボジャブの実際の飛距離と空気の影響を無視して算出した“理論飛距離”との関係を図6に示す。図中の破線は、実際の飛距離と算出された理論飛距離が等しくなる点を結んだ線である。図6に示すとおり、本実験の結果では破線よりも上に位置する試技はほとんど見られず、破線よりも

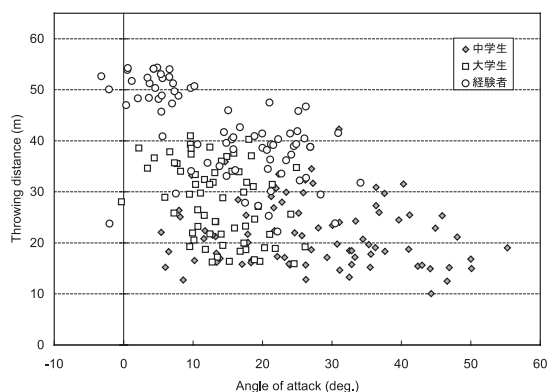


図 5a 迎え角と飛距離の関係

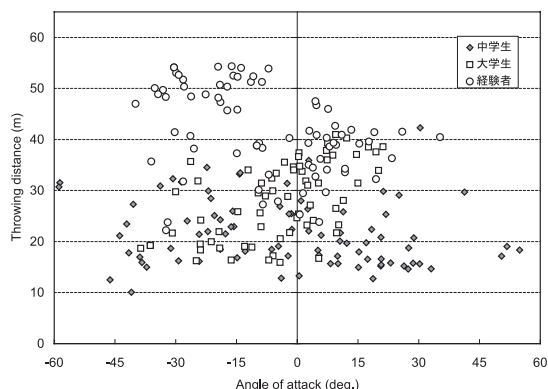


図 5b 水平面迎え角と飛距離の関係

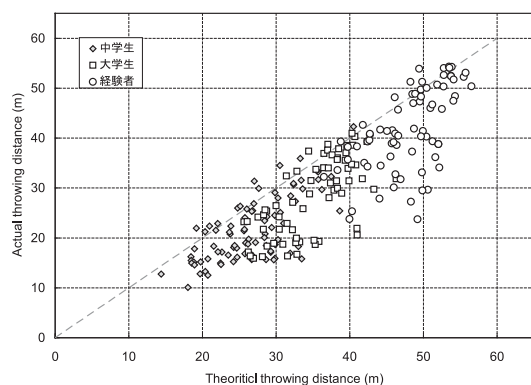


図 6 理論飛距離と実際飛距離の関係

下に位置する試技がほとんどであった。つまり、ジャベリックスローでは、ほとんどの場合、実際

の飛距離が理論飛距離よりも短くなることがわかる。

Ⅳ．考 察

ターボジャブは、やり投げの元世界記録保持者のトム・ペトラノフがやり投げの技術練習用として考案したものである。ジャベリックスローにおけるターボジャブは、一般には、やり投げにおけるやりと同様の特性であると見なされているようである。

本実験の結果では、ターボジャブの初速度が大きいほどその飛距離も大きく、従来から数多く報告されているやり投げの場合と同様の結果であった。先行研究に見られるやり投げの場合は、 $r=0.99$ (Ikegami et al., 1981) や $r=0.97$ (Komi and Mero, 1985), $r=0.80$ (村上と伊藤, 2003) となっており、ジャベリックスローにおいても初速度と飛距離の関係はやり投げの場合と大きく変わらない。つまりターボジャブを用いるジャベリックスローにおいても、やり投げと同様に初速度が飛距離に大きく影響するといえる。

図 4 のように、ターボジャブの投射角は約 20 ～ 50 度の範囲に分布していた。やり投げ選手の場合の投射角については、村上と伊藤 (2003) が約 25 ～ 40 度の範囲に、若山ほか (1994) が約 30 ～ 45 度の範囲に分布していたことを報告している。これらと比較すると本実験での投射角はそれよりやや広い範囲に分布していたことになるが、本実験の被験者の多くが未経験者であったことや、やり投げは経験していてもジャベリックスローは未経験である者がいたことによる結果であろうと考えられる。

また、若山ほか (1994) によれば、やり投げの最適投射角は、記録が 60m レベルで 35 度程度、40m レベルでは 33 度程度であり、記録が低くなると最適投射角も低くなるという。やり投げにおける最適投射角をジャベリックスローに適用できるとは限らないが、ターボジャブが競技用やりと同様の特性を有しているとすれば、ジャベリックスローにおいても過大な投射角では大きな飛距離は

獲得できないことになる。しかし本研究においては、40～45度の比較的大きな投射角でありながら飛距離は45mを超えている試技が認められた。このように、ジャベリックスローでは多少過大な投射角であっても、そのことが飛距離を大きく低下させる要因にはならない可能性が示唆される。

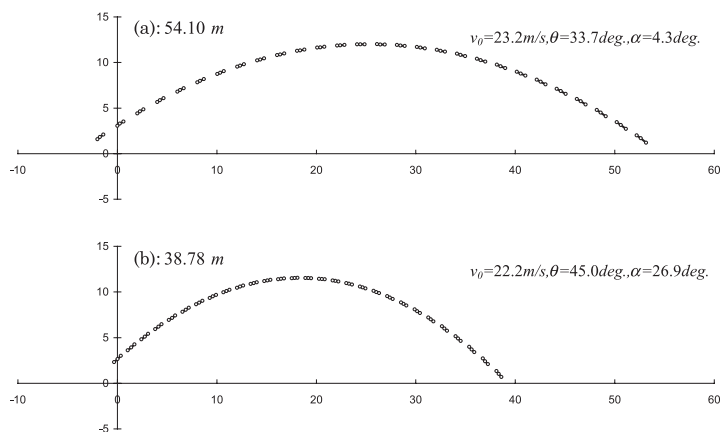
前田ほか(1996)によると、やり投げにおいて、迎え角は正負どちらであっても過大であると投てき距離増大に不利であり、迎え角は出来る限り0度に近い方が望ましいとしている。本研究でのターボジャブの迎え角は、ジャベリックスロー未経験者の中学生では5～60度、やり投げ経験者及び大学生では-5～30度と正の投射角で広範囲に分布しており、小さな迎え角の試技である方が到達していた飛距離は大きかった。このように、小さな迎え角で、より大きな飛距離を達成し得る(例えば、図7の(a))ことはやり投げに関する先行研究とも一致する傾向であるが、他方で、迎え角や水平面迎え角、投射角が大きくても失速することなく、比較的大きな飛距離を得ていた試技(図7の(b); 飛距離は(a)の71.7%に相当)がみられる。これらのことから、ターボジャブは競技用やりとは異なり、比較的大きな迎え角や投射角となった場合でも、大きな飛距離が得られることがあるということになる。やり投げの場合、過大な投射角や迎え角はヤリの失速につながり、大き

な飛距離に結びつかない(池上, 1982)とされているが、ジャベリックスローにおいては過大な投射角や迎え角であっても、やり投げほど敏感には飛距離に影響しないものと推察される。

また図6のように、ターボジャブの飛距離(実際の飛距離)が、リリース時の初期状態を基に求めた“理論飛距離”よりも大きくなることはほとんど無かった。これはつまり、ターボジャブを用いると空気の影響による飛距離の“伸び”がほとんど無いことになる。やり投げの場合は、ヤリを投射したときの実際の飛距離は、空気の影響を考えない理論距離よりも大きい(前田, 1996)ことが報告されている。

以上のことから、ジャベリックスローでは、ターボジャブはやり投げにおけるやりとは飛行特性が異なるものとして対処する必要があることがわかる。やり投げの技術練習用として導入されているターボジャブであるが、ジャベリックスローの飛距離が向上したからといって、必ずしもやり投げの技術が獲得されたと一概には言えない可能性が示唆される。

またやり投げでは、ヤリの長軸まわりの回転がヤリの飛距離に影響するリリース時のパラメータとして取り上げられている(Teraus, 1976)。本研究ではリリース時におけるターボジャブの長軸まわりの回転を測定していないため、ジャベリッ



※ v_0 : 初速度, θ : 投射角, α : 迎え角

図7 異なる投射角, 迎え角におけるターボジャブの飛行例(図2の◎に相当する2例)

クスローの飛距離にどの程度影響するかを明らかにすることはできない。ターボジャブは細長い形状であることから、やり投げの場合と同様に飛距離に少なからず影響することが推察されるが、他方で、ターボジャブにはやりにはない3枚の羽根状のフィンがあることから、その影響の度合いはやり投げの場合とは異なる可能性が大きい。この点においても、ターボジャブとヤリの飛行特性は異なるものと推察される。

V. まとめ

本研究では、ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が飛距離に及ぼす影響を検討するとともに、ターボジャブの飛行特性を明らかにするものであった。

やり投げ経験者と未経験者を含む49名にジャベリックスローを行わせ飛距離を測定した。43名の中学生による86回の試技を対象に、各試技についてリリース時のターボジャブの初期状態を2台のビデオカメラで撮影・分析した。また、やり投げ経験者及び大学生6名による140回の試技を対象に、各試技についてリリース時のターボジャブの初期状態を2台の高速ビデオカメラで撮影・分析するとともに、リリース後のターボジャブの飛行状態を4台のビデオカメラで範囲を分割して撮影・分析した。

その結果、以下のことが明らかになった。

- ①ジャベリックスローにおいて、初速度と飛距離の間に高い正の相関が認められた。ジャベリックスローにおいては、初速度が飛距離に大きく影響を及ぼす要因となっている。
- ②ターボジャブは競技用やりとは異なり、比較的大きな迎え角や投射角となった場合でも、大きな飛距離が得られることがある。
- ③ターボジャブを投げたときは理論飛距離よりも、実際の飛距離の方が小さい場合が多かった。ターボジャブを用いることでの飛距離の伸びはほとんど無いといえる。

以上のことから、ジャベリックスローにおけるターボジャブは、やり投げにおけるやりとは飛行

特性が異なるものとして捉えておくことが必要であろう。

文 献

- 阿江通良・島田一志・榎本靖士・横澤俊治 (2001) ターボジャブ投げとやり投げにおける投動作の比較. 陸上競技研究, (46): 16-24.
- Bartlett, R.M., Müller, E., Lindinger, S., Brunner, F. and Morris, C.J. (1996) Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin thrower of different skill levels. Journal of Applied Biomechanics, 12: 58-71.
- Ikegami, Y., Miura, M., Matsui, H. and Hashimoto, I. (1981) Biomechanical analysis of the javelin throw. Biomechanics VII-B, University Park Press, Baltimore, pp.271-276.
- 池上康男 (1982) やり投げ考. Japanese Journal of Sports Sciences, 1(2): 99-103.
- Komi, P.V. and Mero, A. (1985) Biomechanical analysis of Olympic javelin thrower. International Journal of Sport Biomechanics, 1: 139-150.
- 前田正登 (1996) やり投げにおけるヤリの飛行挙動. Japanese Journal of Sports Sciences, 15(3): 207-213.
- 前田正登・野村治夫・柳田泰義・宮垣盛男 (1996) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適投射条件. デサントスポーツ科学, 17: 270-277.
- 村上雅俊・伊藤章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係. バイオメカニクス研究, 7(2): 92-100.
- 尾縣貢・関岡康雄 (1986) 水平面におけるヤリの迎え角がその飛距離に及ぼす影響. 日本体育学会第37回大会号, A: p385.
- 太田幸治・阿江通良・横澤俊治 (2002) やり投げの練習手段としてのターボジャブ投げの有効性. 陸上競技研究, (50): 13-20.
- 桜井伸二 (1992) 投げ出された物体の飛行軌跡. 投げる科学, 大修館書店, 東京: pp.40-60.
- Terauds, J. (1976) Computerized biomechanical analysis of selected javelin thrower at the 1976 Montreal Olympiad. Track and Field Quarterly Review 78: 25-28.
- 若山章信・田附俊一・小嶋俊久・池上康男・桜井伸二・岡本敦・植屋清見・中村和彦 (1994) やり投のバイオメカニクスの分析. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社, 東京: pp.220-238.

平成19年10月18日受付
平成20年1月14日受理