

氷上競技におけるオフアイストレーニング環境としての模造氷の有効性
－アイスホッケーのスケーティングについて－

小林秀紹

目 次

要約	1
緒言	2
方法	3
結果	4
考察	5
まとめ	6
謝辞	6
参考文献	7
図表	9

氷上競技におけるオフアイストレーニング環境としての模造氷の有効性 ーアイスホッケーのスケーティングについてー

小林秀紹

要約

氷上で実施するスポーツは、アイススケートリンクにおける競技の実施が前提である。しかし、施設の運営上の制約で、シーズンオフなど通年に渡る氷上での活動が困難であることが少なくない。

近年、氷を模したポリエチレン製のプレート(Synthtic Ice; SI 模造氷)の性能が向上し、これを敷くことによって通常の氷でなくともスケート靴による滑走が可能となった。そのため、氷を生成するために多大な費用と労力を要するアイススケートリンクの代用として、スケートイベントや夏季の練習用に模造氷によるスケートリンクの設置が増えている。より簡便な模造氷の性能がアイススケートリンクの氷のそれと同等であるならば、練習の環境や機会を増やすためには有用であると考えられる。

氷上競技であるアイスホッケーに関する先行研究において、ブレードホルダーの変性をひずみゲージで捉えることによりスケーティングを評価するシステムを構築し、スケーティングサーフェイスの違いを検討している報告がある。本研究はこのシステムに則り、これまで行われていないターン滑走局面を取り上げ、スケーティングのキネティクスの評価を試みることにした。これらは、模造氷の有効性を検証するとともに様々な屋内実験を可能にし、アイスホッケーの技術に対するバイオメカニクスのアプローチの多様性を提示できると考えられる。

以上のことから、本研究は氷上競技におけるオフアイストレーニング環境としての模造氷の有効性を検証するために、アイスホッケーのスケーティングにおけるターン局面を取り上げ、その際のブレードホルダーのひずみを計測することによって、氷と模造氷との違いを明らかにすることを目的とした。

本研究の実験にはアイスホッケー競技歴を有する5名の被験者が参加した。被験者は2.5mの間隔をあけたマーカー間を8の字で滑走する課題を行った。10往復を1試行とし、3試行実施した。右足のスケート靴のブレードホルダーには内側と外側のそれぞれ前後4カ所にひずみゲージを貼付けた。解析変量は引張と圧縮それぞれのひずみを用いた。解析は氷表面と試行を要因とする2要因分散分析を行った。

解析結果、全ての変量において有意差が認められ、通常の氷よりも模造氷におけるひずみの程度は高かった。従って、アイスホッケー技術におけるターンを主とするスケーティングでは、模造氷は通常の氷よりも強い力が要求され、摩擦係数の高さとともに、スケーティングにおける負荷が大きいと考えられる。

本研究の結果、模造氷は通常の氷よりも負荷の大きい練習環境になると考えられ、スケーティングの種類によっては得られる練習効果が異なると推測される。

代表者所属:小林秀紹

緒言

アイスホッケーのスケーティングに関する知見はそれほど報告されていない (Lafontaine,2007). この理由はアイスホッケーが氷上で行われるという特異性と場所の広さがモーション・キャプチャー・システムを始めとする技術的な困難をもたらすためと指摘されている (Upjohn, 2008).

アイスホッケーのみならず, 氷上で実施するスポーツは, アイススケートリンクにおける競技の実施が前提である. しかし, 夏季の継続的な氷上での活動は一部の環境あるいは状況を除いて, 施設の運営上の制約など, 多くの場合十分に行われているとは言いがたい.

近年, 氷を模したポリエチレン製のプレート (Synthtic Ice; SI 模造氷) の性能が向上し, これを敷くことによって, スケート靴による滑走が以前よりも簡便になっている. そのため, 氷を生成するために多大な費用と労力を要するアイススケートリンクにかわって, スケートイベントや夏場の練習用に SI によるスケートリンクの設置が増えている. より安価な SI の性能がアイススケートリンクの氷のそれと同等であるならば, 代替え品として少なくとも練習の環境や機会を増やすためには有用であると考えられる.

以上のような状況のもと, Stidwill(2009)は, ひずみゲージをスケート靴のブレードホルダーに装着し, その変性を捉えることによりスケーティングおよびスケーティングサーフェイスの違いの検討を試みている. この結果, 通常の氷 (ICE) と SI とでは, 膝関節角度などの幾つかの変量に違いは認められたものの, SI を利用することは, 実験室でのスケーティングの研究などの様々な測定に対応でき, 有用であることを指摘している. 本研究ではこの指摘を踏まえ, これまで検討されていないターン滑走局面を取り上げて, スケーティングのキネティクスを評価するものである. このことは, 模造氷によって様々な屋内実験を可能にし, アイスホッケーの技術に対するバイオメカニクスのアプローチの多様性を提示することにつながると考えられる.

以上のことから, 本研究は氷上競技におけるオフアイストレーニング環境としての模造氷の有効性を検証するために, アイスホッケーのスケーティングにおけるターン局面を取り上げ, その際のブレードホルダーに加わる力をひずみで計測し, 通常の氷と模造氷のスケーティング特性の違いとして評価し, 両者を比較検討することを目的とした.

方法

1. 被験者

5 人の成人男子アイスホッケー選手が本実験に参加した。競技年数はいずれも6年以上で競技レベルは全国大会出場経験者であった(3名はフォワード, 2 名はディフェンス, 24.2 歳 $\pm$ 8.2, 76.5kg $\pm$ 4.2)。被験者は本研究の実験プロトコルを容易に実施できる者であった。

2. 実験プロトコル

模造氷 SI における測定は屋内実験室に SI (Xtraice) を敷設して行った。一方、氷上(ICE)での測定はアイスアリーナで行った。I による測定は札幌国際大学スポーツ科学実験室(図1)において実施した。SI パネルは1×2m のパネルを計 6 枚敷設し、3×4m の滑走面積を設定した。

3. 被験者の装備

被験者はアイスホッケー・スケート靴(NIKE BAUER 社製 VAPOR XXXX)を着用した。右脚用のスケート靴のホルダーには先行研究(Lamontagne et al. ,1983; Stidwill,2009)に従い、5 カ所にプラスチック用ストレインゲージを貼付した(図2)。なお、ホルダー中央部のゲージは測定変量として採用しなかった。ゲージは有線でバックパックに格納した小型ひずみレコーダ (東京測器, DC-204R)に接続され、データを取り込んだ。バックパックを背中に背負った状態でスケーティングを行い、測定した。データは無線 LAN によって送信され、パーソナルコンピュータでモニターおよび受信した。データのサンプリング周波数は 1000Hz とした。被験者はアイスホッケーにおけるスケーティングを再現するためにスティックを持った状態でスケーティングを行った。ストレインゲージの信号は被験者がスケート靴を履き、表面上で自然立位姿勢の状態をゼロとして設定した。

4. 測定内容

被験者には両方の表面(SIとICE)の測定において、3 試行を最大努力で行うよう指示した。アイススケートリンクにおける測定は製氷を行った直後の状態で測定を行った。一方、SI では試行の前にプレート上にシリコンの潤滑性を塗布した。

実験は2.5mの間隔を空けたマーカー間を8の字滑走するものであり(図1参照)、片方のマーカー横からスタートし、できるだけ速くターンするよう指示した。立位姿勢からスタートし、その際右脚を最初に蹴ることとし、10 往復の試行を3 回実施した。

SI と氷上のいずれにおいても測定の前に各自 10～15 分の滑走でのウォーミングアップをするよう指示した。

5. 統計解析

分析変量は4カ所(Inside-Front:IF, Outside-Front:OF, Inside-Back:IB, Outside-Back:OB)のひずみについて、引張ひずみ(正の最大値)と圧縮ひずみ(負の最小値)の2種類とした。すなわち、ホルダーに力Pが加わり、これに対する応力 σ がホルダーに発生する。この応力に比例した引張ひずみ(圧縮ひずみ)が発生し、 $L+\Delta L$ (または $L-\Delta L$)に変形する。このときのLと ΔL の割合 ε を用いた。表面(SI と ICE)と試行(3試行)を要因とする2要因分散分析を行った。統計分析は R を利用した。

結果

表面と試行を要因とする2要因分散分析の結果、引張と圧縮のいずれにおいても4カ所の全てで有意な主効果が認められた。図3は、正のひずみ(引張)における SI と ICE の分散分析の結果を示している。4カ所のいずれにおいても ICE よりも SI において有意に高い値が認められた。図4は、負のひずみ(圧縮)における SI と ICE の分散分析の結果を示している。4カ所のいずれにおいても ICE よりも SI において有意に高い値が認められた。

図5は、SI に対する ICE のひずみの比率について、場所および引張と圧縮別に図示している。ホルダー

の外側におけるひずみは、引張と圧縮とで同程度の値(66-75%)であったが、ホルダーの内側におけるひずみは引張と圧縮で異なり、引張で 29-44%、圧縮で 68-78%であった。

考察

本研究はトレーニング環境としての模造氷の有効性を検討するために、アイスホッケーのスケーティングにおけるスケート靴のホルダーにかかるひずみの特性について通常の氷との比較を目的とした。

本研究の結果、スケート靴のホルダーにかかるひずみはいずれの位置においても ICE よりも SI の方が有意に高い値を示した。このことは、ICE よりも SI においてより強い力がエッジにかかっていることを意味する。表面の硬度は ICE よりも SI の方が高く、反力として測定される。本研究と同様な ICE と SI との比較研究では、ひずみの程度に表面の材質の違いによる差異は認められていない(Stidwill,2009)。この研究では、直線のスケーティングを課題としてホルダーにかかるひずみを測定しているのに対し、本研究では 8 の字のターンが運動課題であることが異なる。10m 程度の直線的なスケーティングは、主にプッシュオフの要素が大きいが、ターンの局面では直線のスケーティングのように表面を蹴ることによる推進力の確保は相対的に少ない。

氷の摩擦係数は氷温が-6〜-9°Cの範囲で 0.003〜0.007 と報告されている(de Koning ,1992; Jobse,1990) 一方、模造氷は 0.27 とされており(Stidwill,2009)、摩擦係数の高さが模造氷においてスケーティングを行う際の推進力を維持するためのダッシュの強さに影響すると考えられる。このような強い抵抗感はスケーターに対して遅い滑走感覚をもたらし、より長い蹴りと膝の伸張の増大が確認されたと指摘している。しかし、同研究では、摩擦係数の違いほどの違いは分析変量の有意な差となって現れていないとまとめている(Stidwill,2009)。同様な結論はスケーティングトレッドミルを利用した Nobes et al.(2003)も指摘している。しかし、Upjohn et al. (2008) や Lockwood et al. (2007) スケーティングトレッドミルによる研究においてストライド比とストライド長が有意に増加した一方、自覚的運動強度や心拍数が有意に低下したことを報告している。滑走に強い抵抗感をもたらし、ICE よりもホルダーにかかる力が大きい SI であるが、キネマティック変量の増大の一方持久力に関する負荷はそれほど大きくならないようである。

SI と ICE のひずみの比率は SI に対して ICE が小さく、ホルダーの場所にもよるが、概ね 7 割程度であった。SI に比べて ICE にかかる力は小さく、推進力に要する力は ICE において小さいと考えられる。ただし、ホルダーの内側と外側、また引張と圧縮とでは様相が異なり、内側の引張においては SI に対する ICE の比率が最も小さく、滑走面の違い、すなわち ICE と SI の特性の違いが最も顕著に現れると推測される。このことは、足関節の内反によるインエッジへの力の増加と考えられ(Dewan, 2004)、推進力を得るための動作が行われていると推測される。本研究のスケーティング課題であるターン動作は、直線におけるスケーティングと比べてプッシュオフ動作が少なく、スピードを維持するためによりインエッジへの力を必要としたと考えられる。

まとめ

本研究はアイスホッケーの練習環境としての模造氷の有効性を検証するために、スケーティング時のスケート靴のホルダーにかかる力をひずみとして取り出し、通常の氷との比較検討を行った。

本研究の結果、模造氷でのターンを主とするスケーティングは通常の氷よりも大きな力を有することが明らかになった。これまでの同様な研究では直線のスケーティングにおいては、模造氷と通常の氷とでは有意差は認められておらず、スケーティングの種類によっては、その内容は異なると考えられる。アイスホッケーのスケーティング技術は多岐に渡り、今後ストップやクロッシングなどのスケーティングにおける特性も検討すべき課題と考えられた。

模造氷は通常の氷と全く同様な練習環境を提供するとは限らないが、状況を踏まえた使用によって、アイスホッケー競技における効果的な練習環境を提供することに資する可能性を指摘できる。

謝辞

本研究は上月スポーツ・教育財団 2009 年第 7 回「スポーツ研究助成事業」の助成を受けて行われた。ここに記して感謝申し上げます。

REFERENCES

- Lafontaine, D. (2007) Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts. *Sports Biomechanics*. 6(3), 391 - 406
- Lockwood, K.L., Frost, G. (2007) Habituation of 10-year-old hockey players to treadmill skating. *Sports Biomechanics*. 6(2), 145-154
- Nobes, K.J., Montgomery, D.L., Pearsall, D.J., Turcotte, R.A., Lefebvre, R., Whittom, F. (2003) Comparison of skating economy on-ice and on the skating treadmill. *Canadian journal of applied physiology*. 28(1), 1-11
- Upjohn, T., Turcotte, R.A., Pearsall, D., Joh, J. (2008) Three dimensional kinematics of the lower limb during forward ice hockey skating. *Sports Biomechanics*. 7(2), 205- 220
- Xtraice. (2009) Overview. Retrieved from Xtraice. Website: <http://www.xtraice.com/>
- de Koning, J.J., de Groot, G., van Ingen Schenau, G.J. (1992) Ice friction during speed skating. *Journal of biomechanics*. 25(6), 565-571
- Dewan, C., Pearsall, D.J., Turcotte, R.A. (2004) Ankle kinematics during forward hockey skating: Acceleration to constant velocity. *International society of biomechanics of sport (ISBS)*, August 14-18

Jobse, H., Schuurhof, R., Cserep, F., Wim Schreurs, A., de Koning, J.J. (1990) Moments of push-off force and ice friction during speed skating. International journal of sport biomechanics. 6, 92-100

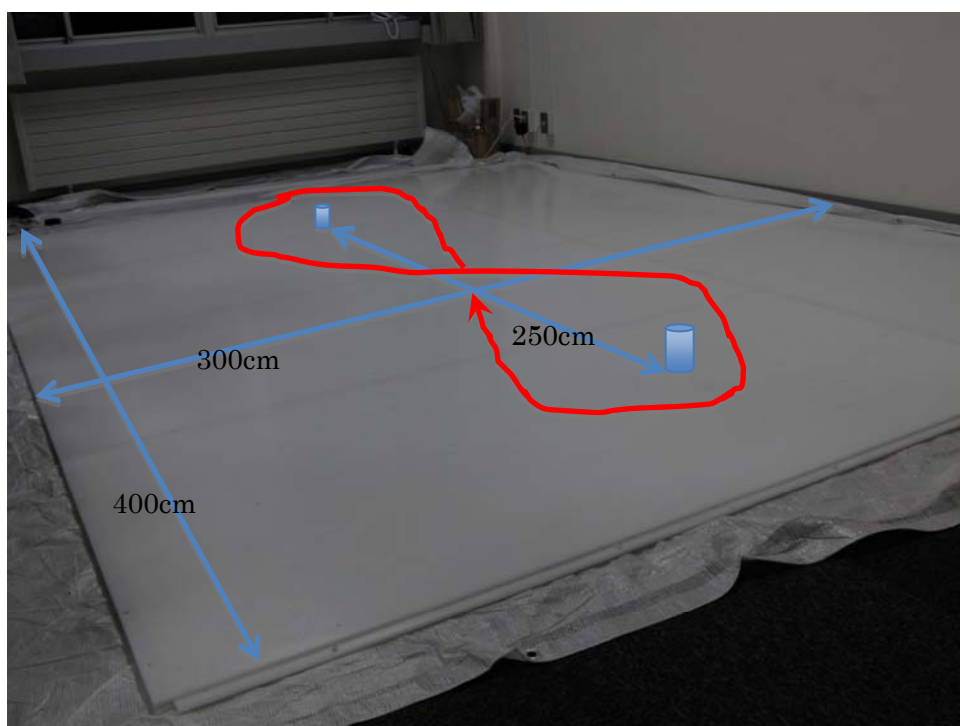


図1 模造氷による測定環境と8の字滑走課題



図2 ゲージの位置

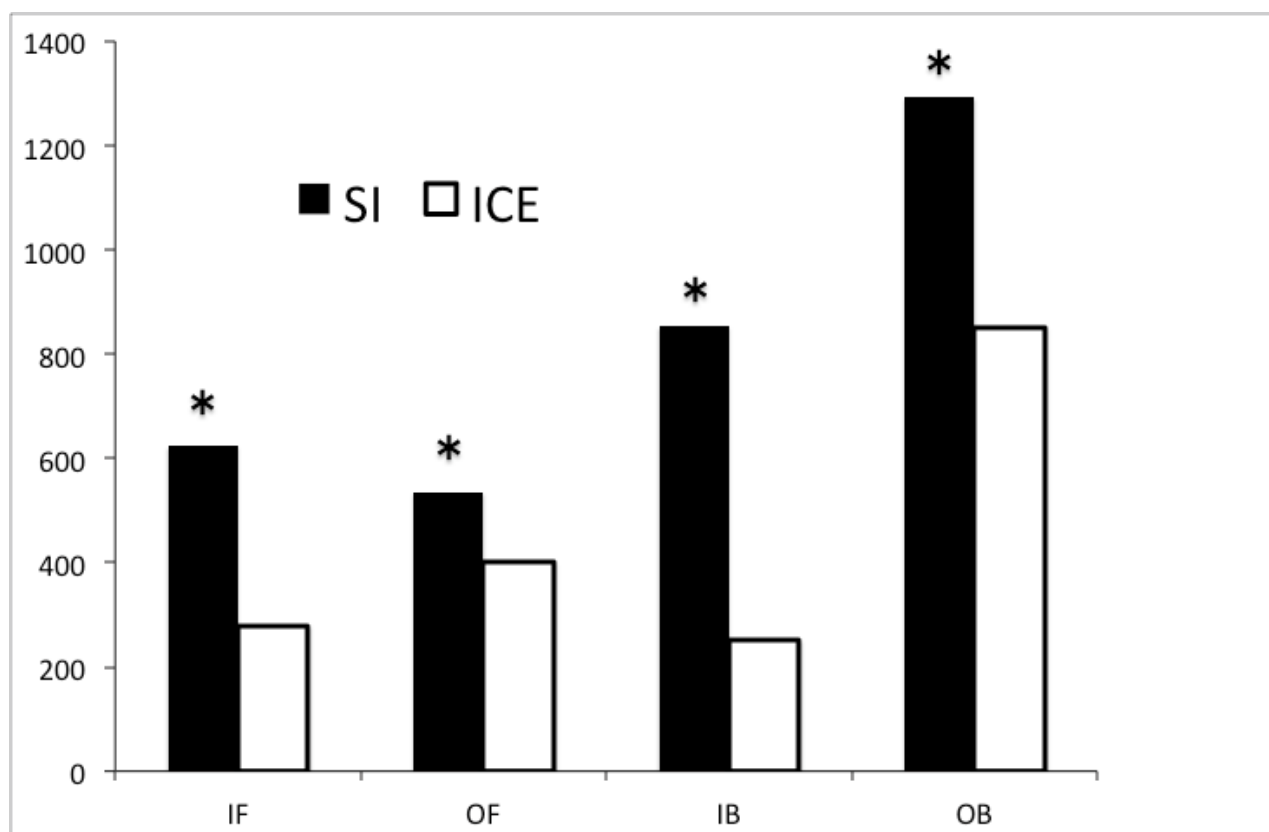
ε 

図3 引張における氷と模造氷のひずみ

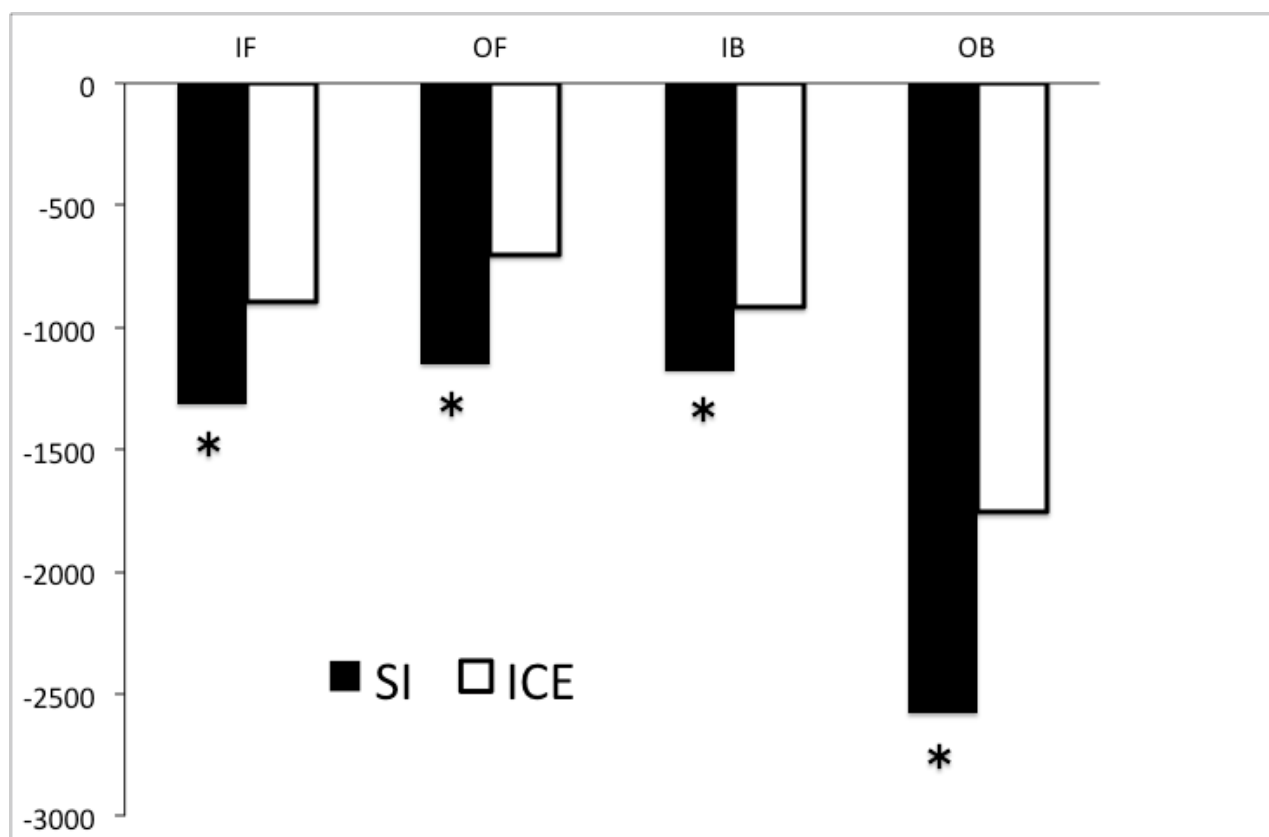
 ε

図4 圧縮における氷と模造氷のひずみ

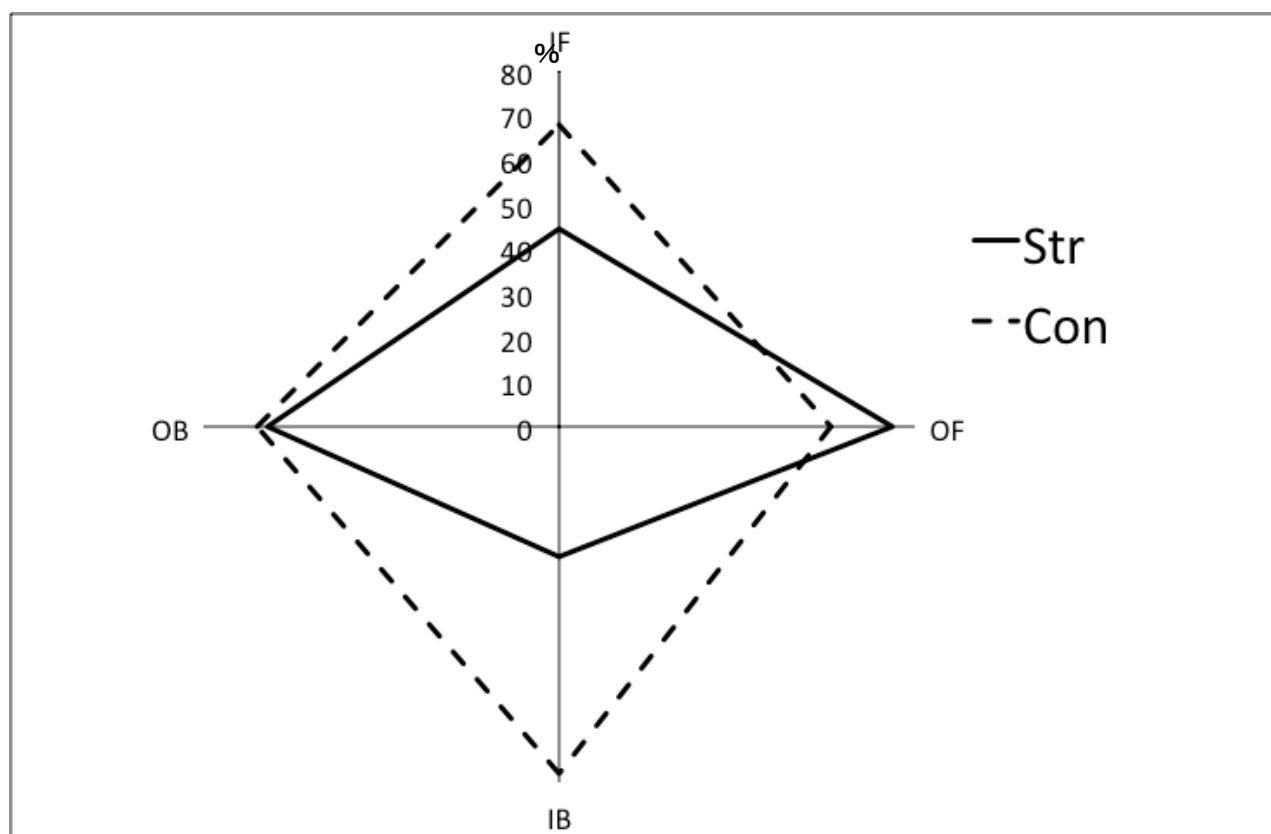


図5 模造氷に対する氷のひずみの比率