

## グラウンドサーフェイスの変化が大学アメリカンフットボール選手の 身体損傷に及ぼす影響

—土グラウンドと人工芝グラウンドとの比較—

西村 忍\*・川村真紀\*\*・中里浩一\*\*\*・中嶋寛之\*

(2003年5月26日受付, 2003年8月20日受理)

### Effects of Ground-surface Change on American Football Injuries among College Football Players: A Comparison of Dirt Ground and Artificial Turf

Shinobu NISHIMURA, Maki KAWAMURA, Koichi NAKAZATO and Hiroyuki NAKAJIMA

We compared American-football injuries that occurred on the dirt ground in 2001 and the artificial turf in 2002 at the N University. Injury data were obtained from questionnaires done by 39 subjects who had experience playing on both the grounds. As to the results, 63-injury cases caused on the dirt ground were divided into five categories: ligamentous injuries (23 cases); overuse injuries (10 cases); muscle injuries (8 cases); fractures (6 cases); and others (16 cases). In contrast, 77-injury cases were caused on the artificial turf and are detailed as follows: 29 ligamentous-injury cases; 13 muscle-injury cases; 8 overuse-injury cases; 8 fracture cases; and 19 other cases. Injuries occurring on both grounds showed some differences regarding type and severity. The injury rates per subject for lower extremity occurring on the artificial turf were significantly higher than those on the dirt ground ( $p < 0.05$ ). Also, even though the numbers of ankle and thigh injuries occurring on the artificial turf were the same as those on the dirt ground, the severity of those injuries on the artificial turf was greater than those on the dirt ground. We concluded that artificial turf tends to cause more lower extremity injuries than the dirt ground.

**Key words:** Football, Ground surface, Sports injuries

**キーワード:** アメリカンフットボール, グラウンドサーフェイス, スポーツ損傷

#### 目 的

アメリカンフットボール(以下アメフト)は、ヘルメットやショルダーパッドなどの防具を身に付けて、激しく相手とコンタクトをしながら敵陣地へボールを運ぶスポーツである。そのため、アメフト競技中に発生する身体の損傷数は非常に多い。しかしながら、損傷を引き起こす要因は、相手とのコンタクトによるものだけではなく、選手が使用しているグラウンドにもあると指摘されている<sup>1,2)</sup>。降雨後の土グラウンドは、滑りやすくなることにより捻挫や肉離れなどの外傷を引き起こす要因となる<sup>2,3)</sup>。

硬い表面の路上やタータンでのコンディショニングトレーニングは、選手が疲れやすくなるだけでなくグラウンドから受ける衝撃が強いためにシンスプリントやアキレス腱炎などの障害を引き起こす要因となっている<sup>2,4,5)</sup>。また人工芝グラウンドであれば、地面とスパイクとの摩擦力が高くなり、より強い力と加速力を得ることができる<sup>6-8)</sup>。その結果、スピードが上がり、衝突時のインパクトが増大し<sup>3,9,10)</sup>、損傷の可能性が高くなる<sup>6-9)</sup>。

アメフト発生の地であるアメリカでは、1966年テキサス州ヒューストンにあるアストロドームが初

\* 日本体育大学大学院 体育科学研究所, \*\* アメリカンフットボール部, \*\*\* 運動生理研究室

めての人工芝グラウンドとして誕生<sup>6, 9, 11, 12)</sup>して以来、今現在に至るまでに人工芝の歴史は大きく3世代に分けることができる<sup>13)</sup>。第1世代人工芝は、“基布”と呼ばれる合成繊維の布に天然芝の葉に似た色と形の“パイル”と呼ばれる葉茎部分を取り付け、その下部に衝撃吸収のための弾性素材である“アンダーパッド”を敷くタイプである<sup>13)</sup>。日本では、後楽園球場が1976年に採用した最初の人工芝グラウンドがこのタイプである<sup>12, 13)</sup>。第2世代人工芝は、パイルの間に砂を充填させて、さらにはアンダーパッドをその下部に敷くことにより衝撃を二重構造で吸収させるタイプである<sup>13)</sup>。最後に第3世代人工芝は、これまでの人工芝のパイル長が25 mm以下であったのに対し、50 mm以上となり、充填材には珪砂やゴムチップを使用するロングパイル人工芝である<sup>13)</sup>。このタイプの1つにフィールドターフと呼ばれるものがあり、天然芝に極めて近い人工芝として東京ドームにも2002年より採用され高い評価を受けている<sup>13)</sup>。N大学は、2001年度土グラウンドより2002年度人工芝グラウンドに変更する際に、同じ人工芝を採用していた<sup>11)</sup>。特徴として(1)ロングパイルなので擦過傷が少ない、(2)ゴムチップの採用により他の人工芝と比較して膝や足への負担が少ない、(3)世界で350箇所以上での採用実績がある<sup>13)</sup>。しかし、選手・コーチ・トレーナーの経験上、人工芝での損傷が非常に多いと感じている<sup>9)</sup>ものの、損傷発生に関する詳細な検討はない。

人工芝は天然芝と比較して、いくつかの利点が挙げられる。それらは、(1)維持費・管理費の安さ、(2)フルシーズンの使用可能、(3)水はけのよさ、(4)スピードなどのパフォーマンスの向上などである<sup>6~14)</sup>。それ以来、人工芝グラウンドが全国的に普及していった。しかし、人工芝グラウンドの増加と同時に、人工芝が要因として引き起こされる損傷報

告もしだいに増え始めた。転倒時にグラウンドとの摩擦により起こる擦過傷や肘・膝関節から倒れたときに見られる滑液包炎などである<sup>2, 4, 6, 9~11, 15)</sup>。硬いグラウンドサーフェイスと靴底の軟らかい人工芝用スパイクによって引き起こされる“Turf Toe”と呼ばれている第一中足趾節関節捻挫<sup>6, 9, 15~17)</sup>や、転倒時に頭部をグラウンドにぶつけたときに天然芝グラウンドと比較してより重度な脳震とうが引き起こされたケース<sup>18)</sup>もまた数多く報告されている。反対にNicholasら(1988)やSkovronら(1990)は、人工芝と天然芝を比較して、発生する損傷の割合や傾向には、大きな差がないと述べており、どちらのグラウンドが損傷を引き起こしやすい傾向にあるかどうかはまだ、十分な結論が得られていない<sup>19)</sup>。特に第3世代の人工芝において、損傷発生の特徴に関する報告はされていない。

N大学は、2001年度土グラウンドから2002年度人工芝グラウンドへ施設の変更を行った。天然芝と人工芝でのグラウンドサーフェイスの違いによって引き起こされる損傷や損傷程度についての比較研究はされているが、土グラウンドと人工芝グラウンドでの比較研究を行っているものはない。本研究では、土グラウンドと人工芝グラウンドを経験したN大学アメフト部員を対象に、グラウンドサーフェイスの変化によって引き起こされた外傷・障害の既往歴調査を行い、損傷部位や損傷程度について検討を加えた。特に、下肢の代表的損傷部位である足関節、膝関節、大腿に注目し、これらの既往の外傷・障害についても検討を加えた。

## 対 象

対象は、2001年度土グラウンドと2002年度人工芝グラウンドを経験したアメフト部員39名である(Table 1)。2001年度時は1, 2, 3年生: 年齢

Table 1. Backgrounds of 39 subjects in 2001 and 2002 seasons

Playing year (# of Subjects)	Age (y/o)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Football experience (yrs)
2001 (n=39*)	20.4±0.9	175.7±5.6	80.1±14.4†	25.8±3.9†	3.8±1.7
2002 (n=39*)	21.3±0.9	175.9±5.4	82.9±16.3†	26.7±4.5†	4.6±1.9

(Mean±SD)

\* 39 players had played on dirt ground in 2001 and on artificial turf in 2002 season.

†  $p < 0.05$  in paired  $t$  test

20.4±0.9歳、身長175.7±5.6cm、体重80.1±14.4kg、競技歴3.8±1.7年であり2002年度時は同一被験者で当時2, 3, 4年生: 年齢21.3±0.9歳、身長175.9±5.4cm、体重82.9±16.3kg、競技歴4.6±1.9年であった。アメフト選手の内訳は、学年別に見ると、2001年度1年生・2002年度2年生11名、2001年度2年生・2002年度3年生14名、2001年度3年生・2002年度4年生14名である。ポジション別に見ると、2001年度時はオフェンスライン(以下OL)6名、タイトエンド(以下TE)2名、ランニングバック(以下RB)7名、クォーターバック(以下QB)2名、ワイドレシーバー(以下WR)7名、キッカー(以下K)1名、ディフェンスライン(以下DL)3名、ラインバッカー(以下LB)5名、ディフェンスバック(以下DB)6名、と2002年度時はOL6名、TE2名、RB7名、QB2名、WR6名、K1名、DL3名、LB4名、DB8名であった。

## 方 法

### (1) 外傷・障害既往歴調査

対象者39名全員にアンケートによる外傷・障害の既往歴調査を行った。内容は、2001年度土グラウンドと2002年度人工芝グラウンドのアメフト競技中に発生した損傷に関してである。通院を要し、1週間以上練習に復帰できなかった程度のもとし、発生日時、場所、受傷機序を記入させ、さらにグラウンドの変化によって感じたことの記入欄も加えた。2001年度に発生した損傷とは、4月の春期合同練習開始日よりN大学が所属する関東大学アメフト連盟1部リーグ定期リーグ戦とその後に行われたクラッシュボウル終了時(2001年12月)までのものとした。2002年度に発生した損傷とは、4月の春期合同練習開始日より定期リーグ戦終了時(2002年11月)までのものとした。2001年度定期リーグ戦中に人工芝グラウンドを採用している会場で発生した損傷4件、2002年度中に土グラウンドで発生した損傷4件はそれぞれ外傷・障害既往歴調査件数として加算しなかった。また、N大学アメフト部の管理している個人負傷者リストファイルを基に、2001年度と2002年度に発生した損傷を、外傷・障害既往歴件数として加算した。

### (2) 統計学的手法

有意差検定には、対象者の身体的特性では、*t*検定(paired *t* test)、発生した外傷・障害件数を損傷部位別では、Wilcoxonの符号付き順位和検定(Wilcoxon signed rank sum test)をそれぞれ行った。有意差水準は5%未満とした。

なお、本研究のすべてにおいて日本体育大学大学院倫理委員会の規定に従い、対象選手には事前に調査項目に関する内容を十分に説明し承諾を得て実施した。

## 結 果

### (1) 2001年度土グラウンドにて発生した損傷

2001年度土グラウンドにてN大学アメフト部員39名が引き起こした外傷・障害件数は、63件であった。疾患別に5個のカテゴリー: (a) 関節外傷(靭帯損傷、脱臼など); (b) 筋損傷(肉離れ、筋挫傷など); (c) 骨折(体幹・四肢の各部分); (d) 慢性障害(シンスプリント、足関節後突起障害など); (e) その他(腰痛症、脳震とうなど)に分類した。その結果、関節外傷23件(36%)、慢性障害10件(16%)、筋損傷8件(13%)、骨折6件(10%)、その他16件(25%)の順となった(Fig. 1)。

次に損傷部位別に11個のカテゴリー: (a) 足部/足趾, (b) 足関節, (c) 下腿, (d) 膝関節, (e) 大腿, (f) 股関節部, (g) 腰部/体幹, (h) 肩部/鎖骨, (i) 上腕/肘関節/前腕/手関節, (j) 手/手指, (k) 頸部/頭部に分類した。その結果、足関節10件(15%)、膝関節9件(14%)、大腿8件(13%)、肩部/鎖骨7件(11%)、手/手指7件(11%)、腰部/体幹6件(10%)、頸部/頭部6件(10%)、上腕/肘関節/前腕/手関節

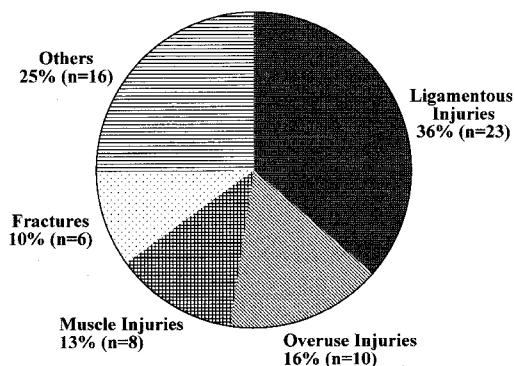


Fig. 1. Injuries in 2001 season (n=63)

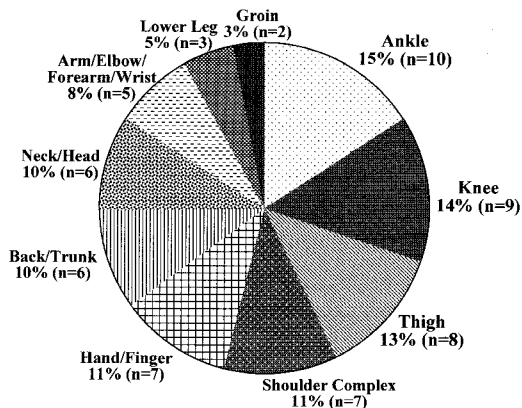


Fig. 2. Injury sites in 2001 season (n=63)

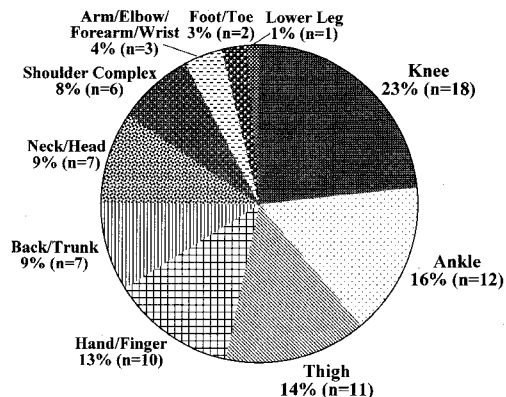


Fig. 4. Injury sites in 2002 season (n=77)

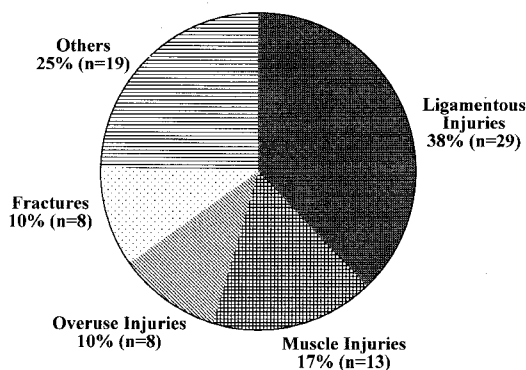


Fig. 3. Injuries in 2002 season (n=77)

5件(8%), 下腿3件(5%), 股関節部2件(3%), の順となった(Fig. 2)。

#### (2) 2002年度人工芝グラウンドで発生した損傷

2002年度人工芝グラウンドにてN大学アメフト部員39名が引き起こした外傷・障害件数は、77件であった。疾患別に見ると、関節外傷29件(38%), 筋損傷13件(17%), 慢性障害8件(10%), 骨折8件(10%), その他19件(25%)の順であった(Fig. 3)。

次に損傷部位別に見ると、膝関節18%(23%), 足関節12件(16%), 大腿11件(14%), 手/手指10件(13%), 腰部/体幹7件(9%), 頸部/頭部7件(9%), 肩部/鎖骨6件(8%), 上腕/肘関節/前腕/手関節3件(4%), 足部/足趾2件(3%), 下腿1件(1%)の順であった(Fig. 4)。

#### (3) 2001年度と2002年度の部位別による外傷・障害件数の比較

2001年度と2002年度の外傷・障害件数を6つ

のカテゴリー: (a) 全身: (b) 上肢, (c) 下肢, (d) 足関節, (e) 膝関節, (f) 大腿において比較した。その結果, 2002年度人工芝グラウンドにて発生した下肢の外傷・障害件数は, 2001年度土グラウンドの外傷・障害件数と比較して, 有意に多かった( $p < 0.05$ ) (Table 2)。その他には, 有意な差は認められなかった。

#### (4) 「グラウンドの変化によって感じられたこと」の結果

「2001年度土グラウンドより2002年度人工芝グラウンドに変わって, 選手自身がどのように感じていたか?」という質問を外傷・既往歴調査の中で同時に行い自由に回答させた。その結果, 「人工芝に変わってから疲労を強く感じるようになった」17名(44%), 「スパイクが人工芝に引っかかりやすくなった」15名(38%), 「スピードが速くなった」4名(10%), 「特になし」3名(8%)の順であった(Fig. 5)。

## 考 察

本研究では, N大学アメフト部員39名による人工芝グラウンドと土グラウンドで発生した外傷・障害の既往歴調査を行った結果, 以下のことが分かった。

#### (1) 人工芝グラウンドで発生した損傷の傾向

2001年度土グラウンドで発生した外傷・障害件数は63件であったが, 2002年度人工芝グラウンドでは, 14件多い77件であった(22%増)。特に, 関節外傷(2001年度23件, 2002年度29件)と筋損傷(2001年度8件, 2002年度13件)が人工芝グ

Table 2. Comparison of injuries in 2001 and 2002 seasons

Injuries sites	Ground surface	
	Dirt ground (2001)	Artificial turf (2002)
Upper extremity	19	19
Lower extremity	30 <sup>†</sup>	44 <sup>†</sup>
Ankle	10	12
Knee	9	18
Thigh	8	11
Other sites (Foot, lower leg etc.)	3	3
Other sites (Neck, neck, trunk etc.)	14	14
Total	63	77

<sup>†</sup>  $p < 0.05$  in Wilcoxon signed ranked sum test

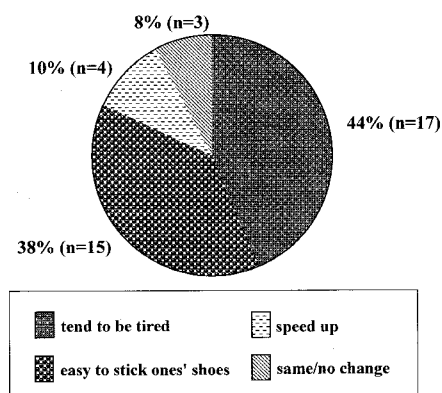


Fig. 5. Impressions about ground surface change from dirt ground to artificial turf ( $n=39$ )

ラウンドで多く発生していた。さらには、2002年度の競技期間は2001年度より1カ月短いシーズン(2001年度4月～12月, 2002年度4月～11月)であったにもかかわらず、2割以上多い損傷が引き起こされていた(2001年度7.0件/月, 2002年度9.6件/月)。先行研究では、人工芝と天然芝グラウンドのどちらに損傷が多く引き起こす傾向にあるか?という問いに対して、未だ十分な結論は得られていない<sup>19)</sup>。しかし、人工芝グラウンドが外因的要素として引き起こす外傷や障害の報告は多数報告されている<sup>1, 2, 8, 10, 11, 15, 17, 20~24)</sup>。本研究においても、人工芝グラウンドでの損傷調査期間が短かったにもかかわらず、発生した関節外傷と筋損傷が土グラウンドと比較して明らかに増加していた。

損傷部位別に見ると、下肢における損傷数が有意に土グラウンドと比較して人工芝グラウンドで多く発生していた( $p < 0.05$ )。2001年度63件中30件(48%), 2002年度77件中44件(57%)と14件多い(47%増)損傷が人工芝グラウンドで発生していた。特に下肢への関節外傷が2001年度23件中14件(61%)に対して、2002年度では29件中21件(72%)と1.5倍多く引き起こされていた。この結果は、人工芝グラウンドでの練習・試合は下肢への損傷を顕著に引き起こす傾向にあると述べたNicholasら(1988), Niggら(1988), Skovronら(1990)を支持するものであった。よって、アメフト競技中に引き起こされる損傷件数は、土グラウンドと比較して、人工芝グラウンドがより多く、特に下肢の損傷を顕著に引き起こす傾向にあると思われる。

## (2) 人工芝グラウンドで発生した下肢部位別の損傷の傾向

2001年度に発生した損傷部位の上位3位は、足関節(10件, 16%), 膝関節(9件, 14%), 大腿(8件, 13%)で全体の42%を占めたのに対し、2002年度には膝関節(18件, 23%), 足関節(12件, 16%), 大腿(11件, 14%)で全体の53%となった。その中でも特に膝関節に関しては、9件から18件の2倍の増加が見られた。さらに損傷程度においては、2001年度9件中1件(11%)が中等度(II度)以上の損傷であったのに対し、2002年度18件中9件(50%)発生していた。人工芝グラウンドの練習・試合では下半身の損傷、特に足関節・膝関

節捻挫を引き起こすリスクが高く、前十字靭帯損傷が非常に多い<sup>1, 11, 22, 25</sup>。そして、アメフトにおいて足がグラウンドに固定された状態で回旋やねじれの力によって一番多く膝関節外傷が引き起こされている<sup>8, 26, 27</sup>。本研究においても、2002年度人工芝グラウンドで発生した膝関節外傷は、同じメカニズムによって引き起こされたものが多かった。よって、人工芝グラウンドは土グラウンドと比較して、膝関節外傷、特に損傷程度中等度以上が多く引き起こされていたと考えられる。

足関節損傷は2001年度10件、2002年度12件とほぼ同数の損傷が発生していた。しかし発生した足関節損傷のタイプに大きな違いがあった。外傷による足関節損傷は、2001年度10件中7件(70%)発生し、損傷程度中等度以上はそのうち6件(86%)であった。2002年度は12件中7件(58%)発生し、損傷程度中等度以上は4件(57%)であった。障害に関しては2001年度10件中3件(30%)に対し、2002年度は12件中5件(42%)発生していた。人工芝グラウンドの特徴である高い摩擦力によって人工芝用スパイクが引っかかりやすくなり、足関節捻挫を引き起こしやすくなっていたと思われる。選手たちのアンケート結果からも人工芝について、スパイクが引っかかりやすくなったと39人中15人(38%)が回答していた。足関節捻挫を繰り返した結果、足関節後突起障害や三角骨障害の損傷を引き起こす要因となっていた。よって、人工芝にスパイクが引っかかりやすくなったために足関節捻挫を繰り返し引き起こし、障害が起りやすくなっていたと考えられる。

2001年度と2002年度に発生した大腿の損傷は、損傷数に関して大きな差は見られなかったが、損傷のタイプに大きな差が見られた。2001年度は7件中2件肉離れ・5件筋挫傷、2002年度は11件中7件肉離れ・4件筋挫傷であった。明らかに、受傷機序が内因的要素による肉離れと直接打撲による外因的要素である筋挫傷では、大きな違いがある。先行文献では、人工芝グラウンドでのトレーニングにより疲れやすくなり慢性障害や筋肉と腱部への損傷を引き起こす<sup>2, 4, 5</sup>と報告されている。また、選手たちのアンケート結果からも「人工芝に変わってから疲労を強く感じるようになった」という回答が多く、全体の44%を占めていた。筋肉性疲労が溜まりや

すくなることによって柔軟性が失われ、そして急な方向転換や加速によって引き起こされる肉離れが土グラウンドと比較して起りやすくなっていると考えられる。

部員39名の体重とBMIが有意に2001年度と比較して2002年度は重く、大きくなっていた。身体を支えるのに十分な筋力が備わっていないために、損傷が引き起こされただけでなく、損傷程度までも重度になってしまったという推測も可能である。ただ、体重が増加しなかった24名のみに関して下肢損傷数を検討したところ、2002年度31件、2001年度19件とやはり2002年度の件数の方が多かった。2001年度シーズンと2002年度シーズンを比較しての下肢損傷増加については、体重要因よりはサーフェイスの要因が大きかったものと考えている。

本研究は、土グラウンドと人工芝グラウンドによって引き起こされた損傷を1年間という短い期間で比較を行った。新しい人工芝でも5年以上経過すると老朽化とともに本来ある衝撃を吸収する性質・性能が失われる<sup>23, 24</sup>。よって、今後も継続して調査をしていく必要があると思われる。

## ま と め

本研究では、N大学アメフト部員39名を対象に、2001年度土グラウンドと2002年度人工芝グラウンドにて発生した外傷・障害の既往歴調査を行った。グラウンドの変化の影響によって引き起こされた損傷や損傷部位との関連を検討したところ、以下のような結果が得られた。

1) 2001年度土グラウンドでは、63件の外傷・障害が引き起こされた。疾患別に見ると、関節外傷23件(36%)、慢性障害10件(16%)、筋損傷8件(13%)、骨折6件(10%)、その他16件(25%)であった。

2) 2002年度人工芝グラウンドでは、77件の外傷・障害が引き起こされた。疾患別に見ると関節外傷29件(38%)、筋損傷13件(17%)、慢性障害8件(10%)、骨折8件(10%)、その他19件(25%)であった。

3) 2001年度土グラウンドで発生した63件の外傷・障害を部位別に見ると、足関節10件(15%)、膝関節9件(14%)、大腿8件(13%)、肩関節/鎖骨

7件(11%), 手指7件(11%), 腰/体幹6件(10%), 頸部/頭部6件(10%), 上腕/肘関節/前腕/手関節5件(8%), 下腿3件(5%), 股関節2件(3%)であった。

4) 2002年度人工芝グラウンドで発生した77件の外傷・障害を部位別に見ると、膝関節18%(23%), 足関節12件(16%), 大腿11件(14%), 手指10件(13%), 腰/体幹7件(9%), 頸部/頭部7件(9%), 肩関節/鎖骨6件(8%), 上腕/肘関節/前腕/手関節3件(4%), 足趾2件(3%), 下腿1件(1%)であった。

5) 2001年度と2002年度の損傷発生割合を全身、上肢、下肢、足関節、膝関節、大腿の6個のカテゴリーで比較すると、下肢において有意に土グラウンドと比較して人工芝グラウンドのほうが大きかった( $p < 0.05$ )。

以上の結果から、大学アメフト選手が引き起こした人工芝グラウンドでの損傷は、土グラウンドと比較して、下肢において優位な差が見られた。また、膝関節において多く損傷が人工芝グラウンドで発生すると思われた。足関節と大腿においては、特徴のある損傷が起こり、また損傷程度が重い症状が多く見られた。

**謝 辞** 本稿執筆に当たりご協力いただいた、日本体育大学学友会アメリカンフットボール部ゴールデンベアーズコーチングスタッフの皆様に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- Powell, W. J.: Incidence of Injury Associated with Playing Surface in the National Football League 1980-1985, *Journal of Athletic Training*, **22**, 202-206 (1987).
- Ekstrand, J., & Nigg, M. B.: Surface-Related Injuries in Soccer, *Sports Medicine*, **8**, 56-62 (1989).
- Ichii, S.: Relation of Running Injuries to Surfaces and Shoes, *Japanese Journal of Sports Science*, **6**, 554-561 (1987).
- Heidt, S. R., Dormer, G. S., Cawley, W. P., Scranton, E. P., Jr., Losse, G., & Howard, M.: Differences in Friction and Torsional Resistance on Athletic Shoe-Turf Surface Interfaces, *American Journal of Sports Medicine*, **24**, 834-842 (1996).
- Gorse, K., Mickey, A. C., & Bierhals, A.: Conditioning Injuries Associated with Artificial Turf in Two Preseason Football Training Programs, *Journal of Athletic Training*, **32**, 304-308 (1997).
- Levy, M., Skovron, L. M., & Agel, J.: Living with Artificial Grass: A Knowledge Update Part 1: Basic Science, *American Journal of Sports Science*, **18**, 406-412 (1990).
- Stanitski, L. C., McMaster, H. J., & Ferguson, J. R.: Synthetic Turf Grass: A Comparative Study, *Journal of Sports Medicine*, **2**, 22-26 (1974).
- Torg, S. J., Quedenfeld, C. T., & Landau, S.: The Shoe-Surface Interface and its Relationship to Football Knee Injuries, *Journal of Sports Medicine*, **2**, 261-269 (1974).
- Arnheim, D. D., & Prentice, E. W.: Principles of Athletic Training 10<sup>th</sup> edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia; PA (2000).
- Keene, S. J., Narechania, G. R., Sachtjen, M. K., & Clancy, G. W.: Tartan Turf® on Trial: A Comparison of Intercollegiate Football Injuries Occurring on Natural Grass and Tartan Turf®, *American Journal of Sports Medicine*, **8**, 43-47 (1980).
- Nigg, M. B., & Segesser, B.: The Influence of Playing Surfaces on the Load on the Locomotor System and on Football and Tennis Injuries, *Sports Medicine*, **5**, 375-385 (1988).
- 後藤正臣: はまれば性能以上の有効性発揮—天候や気象に影響されにくく抜群の利用率—, *月刊体育施設*, **29**, 51-56 (2000).
- 奥アンツーカー(株)フィールドターフプロジェクトチーム: リニューアル施設クローズアップ 日本体育大学陸上競技場(東京都)砂埃防止とフィールドディング性能の両面で目標達成, *月刊体育施設*, **31**, 54-58 (2002).
- サーフェス選定 & 実態アンケート回答の68%が砂入り人工芝を採用—水はけや維持管理の容易さを指示(テニスコートサーフェス選定を探る), *月刊体育施設*, **30**, 3-11 (2001).
- Bowers, K. D., Jr., & Martin, R. B.: Turf-Toe: A Shoe Surface Related Football Injury, *Medical & Science in Sports*, **8**, 81-83 (1976).
- Coker, P. T., Arnold, A. J., & Weber, L. D.:

- Traumatic Lesions of the Metatarsophalangeal Joint of the Great Toe in Athletes, *American Journal of Sports Medicine*, **6**, 326-334 (1978).
- 17) Rodeo, A. S., O'Brien, S., Warren, F. R., Barnes, R., Wickiewicz, L. T., & Dillingham, F. M.: Turf-Toe: An Analysis of Metatarsophalangeal Joint Sprains in Professional Football Players, *American Journal of Sports Medicine*, **18**, 280-285 (1990).
  - 18) Guskiewicz, M. K., Weaver, L. N., Padua, A. D., & Garrett, E. W.: Epidemiology of Concussion in Collegiate and High School Football Players, *American Journal of Sports Medicine*, **28**, 643-650 (2000).
  - 19) Noncontact Knee Injuries in NFL The Role of Field Surface and Footwear, *Sports Medicine Digest*, **19**, 37-44 (1997).
  - 20) Bramwell, T. S., Requa, K. R., & Garrick, G. J.: High School Football Injuries: A Pilot Comparison of Playing Surfaces, *Medicine & Science in Sports*, **4**, 166-169 (1972).
  - 21) Andreasson, G., & Peterson, L.: Effects of Shoe and Surface Characteristics on Lower Limb Injuries in Sports, *International Journal of Sport Biomechanics*, **2**, 202-209 (1986).
  - 22) Skovron, L. M., Levy, M., & Agel, J.: Living with Artificial Grass: A Knowledge Update Part 2: Epidemiology, *American Journal of Sports Science*, **18**, 510-513 (1990).
  - 23) Bowers, K. D., & Martin, R. B.: Impact Absorption, New and Old Astro turf at West Virginia University, *Medical & Science in Sports*, **6**, 217-221 (1974).
  - 24) Nigg, M. B., & Yeadon, R. M.: Biomechanical Aspect of Playing Surfaces, *Journal of Sports Science*, 117-145 (1987).
  - 25) Powell, W. J., & Schootman, M.: A Multivariate Risk Analysis of Selected Playing Surfaces in the National Football League: 1980 to 1989 —An Epidemiologic Study of Knee Injuries—, *American Journal of Sports Medicine*, **20**, 686-694 (1992).
  - 26) Nicholas, A. J., Rosenthal, P. P., & Gleim, W. G.: A Historical Perspective of Injuries in Professional Football: Twenty-six Years of Game-Related Events, *JAMA*, **19**, 939-944 (1988).
  - 27) Baker, B. E.: Prevention of Ligament Injuries to the Knee, *Exercise Sport Science Review*, **18**, 291-305 (1990).