

## ニホンジカによる森林下層植生衰退度の広域分布状況

幸田良介・虎谷卓哉・辻野智之

### Distribution Pattern of Shrub-layer Decline Rank by Feeding Pressure of Sika Deer

Ryosuke KODA, Takuya TORATANI and Tomoyuki TSUJINO

#### Summary

To assess the distribution pattern of deer feeding impacts on forest vegetation, “Shrub-layer Decline Rank (*SDR*)” was determined by combining the shrub-layer vegetation coverage and the presence of browsing signs by sika deer, and the distribution pattern of *SDR* was estimated using the inverse distance weighting method. *SDR* showed the significant correlation among deer impacts on other forest components, suggesting the reasonability of *SDR* to assess the decline of forest vegetation by sika deer. Distribution pattern of *SDR* roughly coincided with the distribution of deer sighting per unit effort. At this time, extremely high *SDR* was not found in Osaka Prefecture. However, deer population still increase, and it is therefore important to continue monitoring *SDR*. For the future, more precise estimation of the distribution pattern of deer population density and analysis of the relationship between *SDR* and deer population density are necessary.

#### I. はじめに

近年日本各地でニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下「シカ」)の個体数の増加や分布域の拡大が指摘されており、それにとまなう森林植生の衰退や農林業被害が大きな問題となっている<sup>1, 2, 3)</sup>。大阪府においても北摂地域を中心にシカによる被害が発生しており、特定鳥獣保護管理計画による対策が進められている<sup>4)</sup>。計画が目指す科学的な管理や統合的管理のためには、シカ個体群や被害の状況、生息地の状況をモニタリングし、結果をフィードバックしていくことが必要である<sup>3)</sup>。被害状況のうち、農林業被害については、農林業従事者を対象としたアンケート調査などによって被害金額や被害面積などを把握していくことが可能であり、実際に大阪府を含むほとんどの都道府県によって被害モニタリングが行われてきた。一方で、森林植生への影響についてはモニタリングが行われていない都道府県が多く、大阪府でもこれまでのところ限定的な植生調査に留まっており、広域的な被害分布状況は把握できていなかった。

シカによる森林植生への影響は、下層植生の生長率や

生残率の低下<sup>5)</sup>、不嗜好性植物の優占による植生の単純化<sup>6)</sup>といった直接的な影響だけに留まらず、森林生態系の様々な側面に間接的に波及する<sup>7)</sup>。例えば、シカの採食によって森林植生が衰退すると、森林を生息地として利用するクモ類<sup>8)</sup>や鳥類<sup>9)</sup>が減少するなど、多様な分類群の生物に影響が及ぶことが指摘されている。加えて、森林植生が著しく衰退すると土壌浸食が発生することが示唆されており<sup>10, 11)</sup>、土壌保全機能の低下も懸念される。以上のように、シカによる森林植生被害状況を広域的に把握することは、森林植生保全のみならず、生物多様性を保全し、森林の有する公益的機能(生態系サービス)を保持していくためにも非常に重要である。

そこで本研究では、藤木<sup>12)</sup>による簡易な下層植生衰退度調査手法を導入し、シカによる森林植生被害状況を広域スケールで把握することを目的として調査を行った。野外において森林の下層植生調査を行うとともに、出猟カレンダーによるシカ目撃効率の分布状況を解析し、下層植生衰退度の分布状況と比較した。

## II. 材料および方法

### 1. 野外植生調査

調査は大阪府北摂地域（能勢町、豊能町、池田市、箕面市、茨木市、高槻市、島本町）を対象に、平成25年6～11月に行った。コナラ-アベマキ林やアカマツ-コナラ林などの落葉広葉樹が卓越する林分を、調査地域を均等にカバーできるように53ヶ所選定し（第1図）、林分内の下層植生調査を行った。なお、調査林分の選定にあたっては、下層の光条件や人為的攪乱の影響の程度をできるだけ揃えるため、藤木<sup>12)</sup>に従って、1) 林冠の高さが10m以上であること、2) 林冠が閉鎖していること、3) 伐採痕など人為的な攪乱痕跡がないこと、4) 林縁部からの光が入らない程度に林縁から離れていること、5) アセビ等の不嗜好性樹木が低木層に優占していないこと、の5点に留意した。

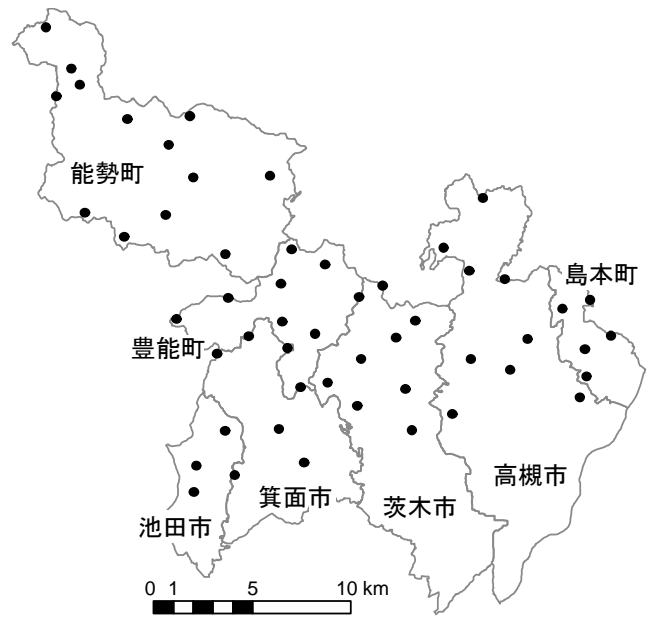
各調査林分において、20m四方程度の調査区を設定し、GPS（Garmin社 GPSmap60CSx）を用いて調査区中央の位置座標を測定した。その後、調査区内をくまなく踏査し、シカによる採食痕跡の有無を記録した。採食痕跡は過去2～3年以内の比較的新しいもののみを対象とした。また、低木層（樹高1～3m）での木本類の植被率と、地上高3m以下の全ササ類の植被率を、1) 50%以上、2) 25%以上50%未満、3) 10%以上25%未満、4) 1%以上10%未満、5) 1%未満、の5つのカテゴリーでそれぞれ記録した。

その後、他の森林構成要素への被害状況として、樹高30cm以上の高木性稚幼樹の有無を記録した。また、ディアライン（樹木の下枝がシカの届く高さまで一様に食いつくされて消失した状態、「ブラウジングライン」とも言う）の形成状況を、1) 明瞭、2) 不明瞭、3) なし、の3段階で、シカの嗜好種であるリョウブが分布する場合はその樹皮剥ぎ被害割合を、1) 50%以上、2) 25%以上50%未満、3) 10%以上25%未満、4) 10%未満、5) 0%、の5段階でそれぞれ評価した。

### 2. 植生データ解析

各調査林分におけるシカによる下層植生衰退度を、藤木<sup>12)</sup>に従って、低木層の植被率とシカの食痕の有無により、以下の6段階に区分した。

- 無被害：シカの食痕が全く確認されなかった林分
- 衰退度0：シカの食痕がある林分のうち、低木層の植被率が75.5%以上の林分
- 衰退度1：低木層の植被率75.5%未満38%以上のシカの食痕あり林分



第1図. 大阪府北摂地域に選定した調査地点（黒丸）の位置図

- 衰退度2：低木層の植被率38%未満18%以上のシカの食痕あり林分
- 衰退度3：低木層の植被率18%未満9%以上のシカの食痕あり林分
- 衰退度4：低木層の植被率9%未満のシカの食痕あり林分

低木層の植被率は、低木層での木本類の被食率と全ササ類の植被率を合計して算出した。なお合計値の算出は、それぞれの植被率カテゴリーの中央値を用いて行った。

シカによる森林植生への影響の指標としての下層植生衰退度の妥当性を評価するために、下層植生衰退度と他の3種類の森林構成要素への被害状況との関係を、一般化線形混合モデル（Generalized Linear Mixed Model, 以下「GLMM」）によってそれぞれ解析した。下層植生衰退度を説明変数、高木性稚幼樹の有無、ディアラインの形成状況、リョウブの樹皮剥ぎ被害割合をそれぞれ目的変数とし、二項分布を誤差構造に用いた。ランダム効果は市町村とし、RのglmmMLパッケージ<sup>13)</sup>を解析に用いた。なお、本研究における全ての統計解析にはR 2.15.2<sup>14)</sup>を利用した。解析では赤池情報量基準（AIC）を用いた変数選択を行い、AICが最少となるモデルを最適モデルとした。

森林植生への影響の広域的な広がりを把握するために、下層植生衰退度の空間分布図を作成した。北摂地域を3次メッシュを基準とした約1km<sup>2</sup>のメッシュ378個に区切り、各メッシュの値を各調査林分の位置情報と下層植生衰退度を用いてIDW（Inverse distance weighting, 逆距離

加重)法<sup>15)</sup>によって推定した。ここで下層植生衰退度は、0から5の整数値にそれぞれ変換して解析に用いた。IDW法による空間補間にはR用パッケージgstat<sup>16)</sup>を用いた。

### 3. 銃猟シカ目撃効率調査

北摂地域におけるシカ生息密度の空間分布を把握するために、銃猟狩猟者によるシカ目撃効率の調査を行った。目撃効率は広域的なシカ密度の動向を把握できる指標であり<sup>17, 18)</sup>、日本でよく用いられる密度指標の中では比較的測定誤差が小さい<sup>19)</sup>など有用性が示されている指標である。

シカとイノシシを対象とする狩猟者に出猟カレンダーを配布し、猟期中(11月15日～3月15日)の出猟日、出猟場所、シカ目撃数(捕獲分を除く)と捕獲数の情報を収集した。その後、5kmメッシュごとに銃猟シカ目撃効率(SPUE; sighting per unit effort)を算出した。ここで目撃効率は

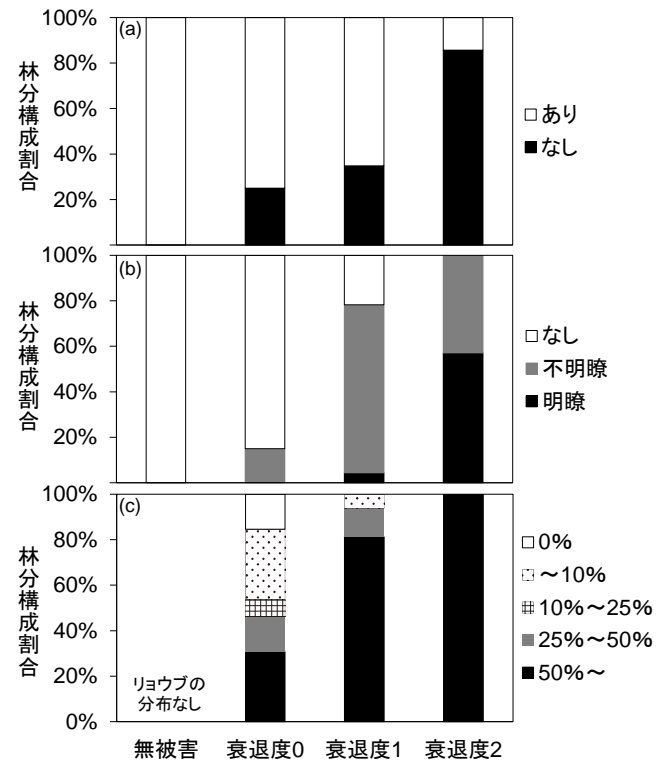
$$\text{目撃効率} = \frac{\text{目撃数} + \text{捕獲数}}{\text{出猟人日数}}$$

として計算した。

森林の下層植生は、直前のシカによる採食のみではなく、過去からの累積的な採食の影響を受ける<sup>20)</sup>。そのため、本研究では平成22～24年度の情報を合算して5kmメッシュごとの目撃効率を計算し、下層植生衰退度の分布図と比較できるようにした。なお、出猟人日数が10未満のメッシュについては、目撃効率の計算結果が大きく変動するため、分布図から除外した。

### III. 結果および考察

野外植生調査の結果、3ヶ所の林分が「無被害」、20ヶ所の林分が「衰退度0」、23ヶ所の林分が「衰退度1」、7ヶ所の林分が「衰退度2」に区分され、「衰退度3」以上に区分される林分は認められなかった。第2図に下層植生衰退度と他の3種類の森林構成要素への被害状況との関係を示す。GLMMによる解析の結果、下層植生衰退度は全てのモデルにおいて説明変数として選択され、高木性稚幼樹の有無( $n=53$ ,  $p=0.010$ ,  $AIC=66.3$ , nullモデルの $AIC=72.8$ )、ディアラインの形成状況( $n=53$ ,  $p<0.001$ ,  $AIC=24.9$ , nullモデルの $AIC=40.0$ )、リョウブの樹皮剥ぎ被害割合( $n=32$ ,  $p<0.001$ ,  $AIC=56.1$ , nullモデルの $AIC=71.8$ )それぞれと有意な関係を示した。藤木<sup>12)</sup>によると、森林構成要素の衰退状況と下層植生衰退度との有意な関係が認められれば、被害指標として妥当であると評価できるとされている。そのため、本研究における下層植生衰退

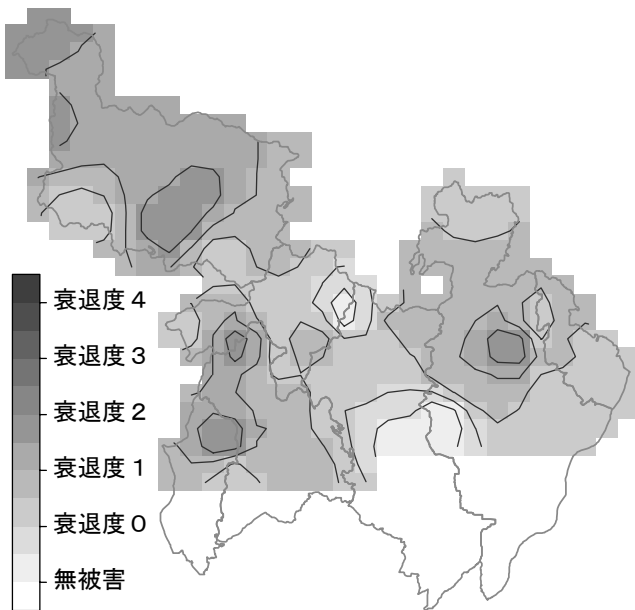


第2図. 下層植生衰退度と、(a) 高木性稚幼樹の有無、(b) ディアラインの形成状況、(c) リョウブの樹皮剥ぎ被害割合との関係

度の評価結果は、シカによる森林植生への被害指標として妥当であると言える。

IDW法による空間補間によって推定した下層植生衰退度の空間分布を第3図に示す。下層植生衰退度は能勢町の広範囲や池田市から箕面市にかけての地域、高槻市の一部などで高く、豊能町東部や茨木市南部などでは低かった。藤木<sup>12)</sup>はLeave-one-out交差検定法<sup>21)</sup>による補間精度の検証方法を解説しており、100m四方のメッシュの値を半径10km以内の調査地点の値から推定した結果でも、十分な精度で推定できていることが報告されている<sup>22)</sup>。これに対して本研究では約1km四方のメッシュの値の推定に留めており、またどのメッシュも半径3km以内に調査地点を含んでいる。そのため、本研究では補間精度の検証は行っていないものの、十分な精度での空間補間が行えていると考えられる。近隣他府県との境界部分での推定結果は、同様の調査を行っている京都府<sup>23)</sup>や兵庫県<sup>24)</sup>で推定されている分布とよく対応している。そのため、本研究で得られた下層植生衰退度の広域分布は、妥当なものであると考えられる。

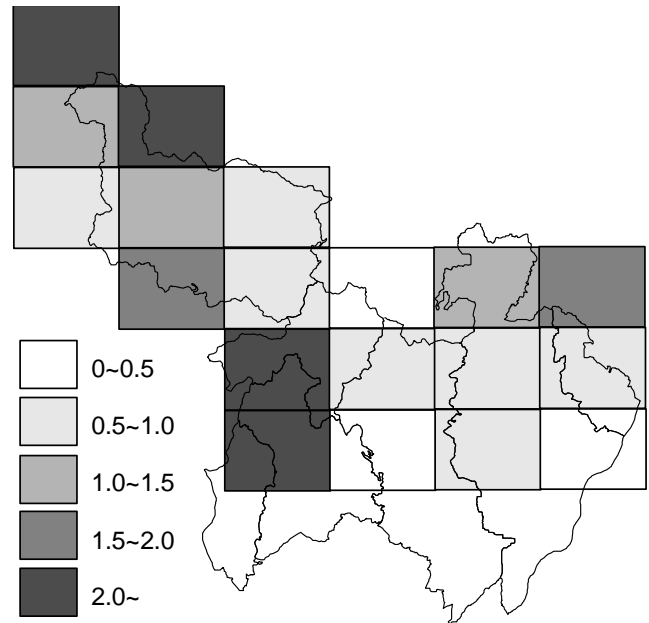
また、本研究では衰退度3や4に区分される地域は認められなかったものの、同様の調査を実施している福井県<sup>25)</sup>、京都府<sup>23)</sup>、兵庫県<sup>24)</sup>では、大半の地域が衰退度2以下



第3図. IDW法による下層植生衰退度の空間補間図

である一方で、衰退度3や4に区分される地域が一部に認められている。このことから、大阪府でのシカによる森林植生への影響は、近隣府県に比べるとまだ比較的小さいと考えられる。ただし、大阪府におけるシカ個体数には増加傾向が認められるため<sup>4)</sup>、今後の被害拡大については注意が必要であろう。兵庫県では平成18年度と22年度というように、4年に一度の頻度で下層植生衰退度のモニタリングが行われている<sup>24)</sup>。大阪府でも同様に下層植生衰退度のモニタリングを継続し、被害状況の推移を注視していくことが必要であろう。

銃猟でのシカ目撃効率の分布図を第4図に示す。目撃効率は能勢町北部のメッシュや箕面市から豊能町にかけてのメッシュなどで高い値がみられる一方で、豊能町東部や茨木市南部、島本町南部を含むメッシュでは低い値となっていた。目撃効率と下層植生衰退度との関係を解析した研究によると<sup>20)</sup>、下層植生衰退度は半径4.5km以内の過去4年分の平均目撃効率とよく対応すると報告されている。本研究での目撃効率と下層植生衰退度の分布結果を見比べると、概ね一致した結果が得られているものの、高槻市のようにやや差異がみられる地域も確認できる。この一因として、大阪府ではシカの行動圏が小さく非常に定着的であるという報告があることから<sup>20)</sup>、5kmメッシュ単位での目撃効率ではうまく対応をみることが難しいという可能性が指摘できる。また、北摂地域は細長く伸びた複雑な府境界が多い上に、住宅地も多く銃猟禁止区域が点在している<sup>27)</sup>ため、目撃効率が密度指標として使用しづらいことも影響しているのではないかと



第4図. 銃猟シカ目撃効率の分布図

と考えられる。今後は、GISを用いたバッファ解析などを行って下層植生の衰退程度を良く説明しうる範囲を特定するとともに、シカ糞調査などの目撃効率以外の大阪府の地域性に適したシカ生息密度分布の詳細な把握手法を導入し、下層植生衰退度とシカ密度の関係を定量的に評価していくことが必要であろう。

#### IV. 摘要

シカによる森林植生被害状況を広域的に把握するために、森林下層植生の植被率とシカによる採食痕跡の有無を調査し、IDW法を用いて下層植生衰退度の空間分布図を作成した。下層植生衰退度の区分結果は他の森林構成要素への被害状況と有意な相関関係を示しており、シカによる森林植生への被害指標として妥当であると考えられた。下層植生衰退度には地域差が見られ、概ねシカ目撃効率の高い地域で衰退度も高くなっていた。大阪府では今のところ極端に高い衰退度の地域は認められないものの、シカ生息密度の増加傾向が継続していることから、モニタリングの継続が必要だと考えられた。今後はシカ密度分布状況をより詳細に把握し、下層植生衰退度とシカ密度の関係を定量的に評価していくことが求められる。

## V. 引用文献

- 1) 湯本貴和・松田裕之 (2006). 世界遺産をシカが喰う, シカと森の生態学. 文一総合出版, 東京, 212 pp.
- 2) Takatsuki, S. (2009). Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biological Conservation* 142: 1922–1929.
- 3) 環境省 (2010). 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン (ニホンジカ編). 環境省, 東京, 52 pp.
- 4) 大阪府 (2012). 大阪府シカ保護管理計画 (第3期). 大阪府, 13 pp.
- 5) Koda, R., Noma, N., Tsujino, R., Umeki, K. and Fujita, N. (2008). Effects of sika deer (*Cervus nippon yakushimae*) population growth on saplings in an evergreen broad-leaved forest. *Forest Ecology and Management* 256: 431–437.
- 6) Koda, R. and Fujita, N. (2011). Is deer herbivory directly proportional to deer population density? Comparison of deer feeding frequencies among six forests with different deer density. *Forest Ecology and Management* 262: 432–439.
- 7) Rooney, TP. and Waller, DM. (2003). Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 181: 165–176.
- 8) Miyashita, T., Takada, M. and Shimazaki, A. (2004). Indirect effects of herbivory by deer reduce abundance and species richness of web spiders. *Ecoscience* 11: 74–79.
- 9) Hino, T. (2000). Bird community and vegetation structure in a forest with a high density of sika deer. *Japanese Journal of Ornithology*. 48: 197–204.
- 10) 柳洋介・高田まゆら・宮下直 (2008). ニホンジカによる森林土壌の物理環境の改変：房総半島における広域調査と野外実験. *保全生態学研究* 13: 65–74.
- 11) 内田圭・岸本康誉・藤木大介 (2012). 兵庫県本州部の落葉広葉樹林域におけるニホンジカによる土壌侵食被害の現状. *兵庫ワイルドライフモノグラフ* 4: 69–90.
- 12) 藤木大介 (2012). ニホンジカによる森林生態系被害の広域評価手法マニュアル. *兵庫ワイルドライフモノグラフ* 4: 1–16.
- 13) Brostrom, G. and Holmberg, H. (2011). glmmML: Generalized linear models with clustering. R package version 0.82-1.
- 14) R Core Team. (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 15) Fortin, M-J. and Dale, M. (2005). *Spatial Analysis. A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge, 365pp.
- 16) Pebesma, EJ. (2004). Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers and Geosciences* 30: 683–691.
- 17) Ericsson, G. and Wallin, K. (1999). Hunter observations as an index of moose *Alces alces* population parameters. *Wildlife Biology* 5: 177–185.
- 18) Solberg, EJ. and Sæther, BE. (1999). Hunter observations of moose *Alces alces* as a management tool. *Wildlife Biology* 5: 107–117.
- 19) Uno, H., Kaji, K., Saitoh, T., Matsuda, H., Hirakawa, H., Yamamura, K. and Tamada K. (2006). Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido, Japan. *Ecological Research* 21: 624–632.
- 20) Kishimoto, Y., Fujiki, D. and Sakata, H. (2010). Management approach using simple indices of deer density and status of understory vegetation for conserving deciduous hardwood forests on a regional scale. *Journal of Forest Research* 15: 265–273.
- 21) Wackernagel, H. (2003). *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications* third edition. Springer-Verlag, Berlin, 387 pp.
- 22) 藤木大介 (2012). 兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる下層植生の衰退状況—2006年から2010年にかけての変化—. *兵庫ワイルドライフモノグラフ* 4: 17–31.
- 23) 京都府農林センター森林技術センター (2011). ニホンジカによる森林植生被害の分布. <http://www.pref.kyoto.jp/nosoken/documents/1353471641246.pdf>
- 24) 兵庫県 (2012). 第4期シカ保護管理計画. 兵庫県, 24 pp.
- 25) 福井県 (2012). 第3期福井県特定鳥獣保護管理計画 (ニホンジカ). 福井県, 26 pp.
- 26) 石塚譲・川井裕史・大谷新太郎・石井亘・山本隆彦・八丈幸太郎・片山敦司・松下美郎 (2007). 季節、時刻および植生が大阪のニホンジカ (*Cervus nippon*) の行動圏に及ぼす影響. *哺乳類科学* 47: 1–9.
- 27) 大阪府 (2013). 平成25年度大阪府鳥獣保護区等位置図. 大阪府. <http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2659/00084659/Osaka-hogoku.pdf>