生態系サービスの社会的価値に対する定量的評価手法に関する研究レビュー

カン　ユウメイ[1]・佐々木　葉[2]

[1]非会員　早稲田大学大学院　創造理工学研究科建設工学専攻

（〒169-8555 東京都新宿区大久保三丁目 4-1　E-mail: hym98welcome@akane.waseda.jp）

[2]フェロー会員　早稲田大学教授　創造理工学部社会環境工学科

（〒169-8555 東京都新宿区大久保三丁目 4-1　E-mail: yoh@waseda.jp）

環境資源に注目したデザインのためには，対象区域の環境特性の評価が必要となる．そこで本論文では，社会・経済活動の基盤を支える生態系サービスという概念に基づいた評価手法のレビューを行った．人間社会が環境から得る受益を，貨幣換算などによる市場経済的価値のみならず，社会・文化的指標による非市場価値として定量的に捉えるための研究が，国内外の生態系・ランドスケープ分野でも注目されている．その全体像を概観した上で，意思決定の促進や政策貢献を目的としてアメリカ地質調査所において開発された評価ツールである Social Values for Ecosystem Services (SolVES)に注目し，既往研究レビューを行い，その対象や具体のデータ取得の方法などを把握する．以上を通じて，生態系サービスの社会的価値における重要な概念，新たな研究手法を整理し，日本における適用の可能性や展望を考察した．

Key Words: *Ecosystem Services, SolVES, Social Value, Value assessment, Research review*

1.　はじめに

(1)　生態系サービスをめぐる研究の背景

2005 年に発表されたミレニアム生態系評価により，人間社会が生物多様性を基盤とした生態系から得る恩恵・利益である生態系サービス（Ecosystem Services，下記 ES）は，一般的に基盤サービス，調整サービス，供給サービスと非物質的利益である文化的サービス（Cultural Ecosystem Services，下記 CES）の 4 種類に分かれている[1]．その後，環境科学や政策分析における ES に対する関心は著しく高まっている[2]．現在，ES はすでに生態学的，及び社会的問題に対する意思決定のための重要なツール及び指標として認識され，使用されている[3]．

ES が生態学的及び社会学的指標として重視されてきた一方で，ES の定量的な評価手法についての議論も続いてきた．これまでの ES に対する定量化の試みは，主に生態学と環境経済学の分野で進められてきたが，庄山[4]は，生態学的及び経済学的な視点以外，より広義な生態系に対する人々の認識や価値観も含めて，統合的に評価すべきと論じている．

そこで，ES に対する総合的な評価は，土木計画，空間デザインの分野においても有効な指標として考えられる．特に区域の環境資源に着目する場合，ES の定量化及び地図化は環境資源と人間社会の相互的な関係性を空間的に解明し，区域計画やデザインに重要な根拠や参考になりうる．

(2)　研究の目的

本研究では，ES の社会的価値を評価分析するツールである Social Values for Ecosystem Services （下記 SolVES ）が発表された 2011 年から 2023 年までの 13 年間に，国際学術誌（英文）に発表された SolVES を用いて評価分析を行った学術論文を対象として，研究目的，対象地，対象価値タイプ，環境的指標の使用を整理・把握することで，応用事例の少ない日本における適用の可能性と展望を考察するための基礎的情報を提示することを目的とする．

2.　生態系サービスの定量化と SolVES

(1)　生態系サービスの定量化について

Martín-López et al[5]より，ES 研究の重要な課題として，生物物理学的，社会文化的，貨幣的価値領域を明確に考慮し，意思決定プロセスに統合できる包括的な方法論的アプローチを開発することが指摘され，ES の多次元的な性質を考慮できる方法論の枠組みが提案されている（図 1）．概要的に，目的によって，ES を定量化する方

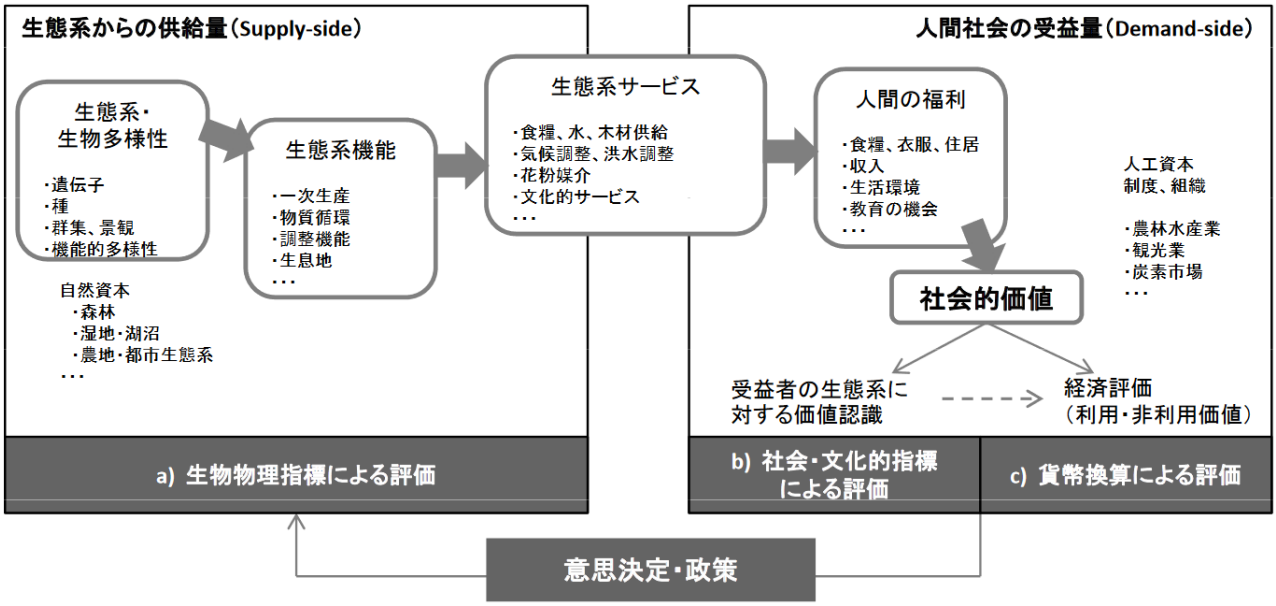


図-1　生態系と生態系サービスの関係・生態系サービス評価の枠組み
（Martín-López et al [5] より，庄山 [4] が改訂）

法は様々であるが，その方法を大きく分類すると，（1）生態系を供給する側（Supply-side）として，その供給量を評価する方法／ (2)人間社会が需要・受益する（Demand-side）側として，人間社会が ES を受ける量，すなわち ES の社会的価値を評価する方法／(3)前述した供給する側と受益する側の空間的流れ（Flow）を評価するアプローチがある．

（1）の供給する側の場合，生態系からの供給量に着目する ES の評価は，a）生態学的評価手法として，生物物理指標が用いられている．それに対して，（2）の需要する側の場合，人間社会の需要・受益量に着目する ES の評価は，b）社会学的視点より，ES の受益者の生態系に対する価値認識から，社会・文化的指標による評価，及び c）経済学的視点より，利用・非利用価値から，貨幣換算による評価の 2 つの評価手法がある．ただ，これまでの主な事例において，ES に対する経済評価で一般的に使われている評価手法である貨幣換算は人間社会の尺度の一側面に過ぎず，ES の種類によって ES の過小評価が起きる可能性があると指摘された [4)5)]ため，経済評価のみならず，社会・文化的指標による ES の社会的価値の評価は，統合的な評価に不可欠であるとして，近年注目されてきた．

また，ES の中でも，特に CES は他の 3 つのサービスと比べて，「無形」，「非物質的」，「不可視」の利益として，供給する側の視点で生物物理指標による評価ができないため，CES に対する評価には，社会・文化的指標による評価手法が有力であると考えられる．また，有効データの入手可能性が低いなどの理由から，CES 評価に関する研究が比較的に軽視されており，理解も不十分である [3)] ことは特筆すべきである．

(2)　SolVES 及びその特徴・用語整理

社会・文化的指標による ES の評価は，環境資源に着目したデザイン・維持管理に大きな意義があり，評価結果は実際の意思決定の促進や政策貢献において非常に重要な役割を果たしている．社会・文化的指標による ES の社会的価値を分析評価する方法として，アメリカ地質調査所において開発された GIS ベースの評価ツールである Social Values for Ecosystem Services (下記 SolVES)がある．

SolVES は ES の受益者を対象としたインタビューによって，受益者の価値観とその空間的表現を価値認識データとし，空間的要素と組み合わせて ES の社会的価値を空間的に定量的に分析，地図化するツールである．SolVES は ES の社会的価値の評価・マッピング・定量化のために設計されている．社会的価値とは，受益者が ES，特に審美やレクリエーションなどの CES に対して認識する非市場的価値である．また，特徴として，SolVES では利用時の選好性によって分かれた回答者グループごとに社会的価値を評価することができる．

具体的に，SolVES の全体的なプロセスは図 2 で示しているように 3 つの部分に分かれており，生態系サービス社会的価値モデル部分及び最大エントロピーモデル（下記 MaxEnt）が組み込まれている価値マッピングモデル部分（マッピングのプロセスは図 3 で示す）が SolVES の基本的な評価・定量化・マッピング機能を実現させている．そのうえ，データ収集可能な区域の評価結果を利用して，調査データの入手が難しい区域の ES 評価の測定のための価値移転モデル部分もある．

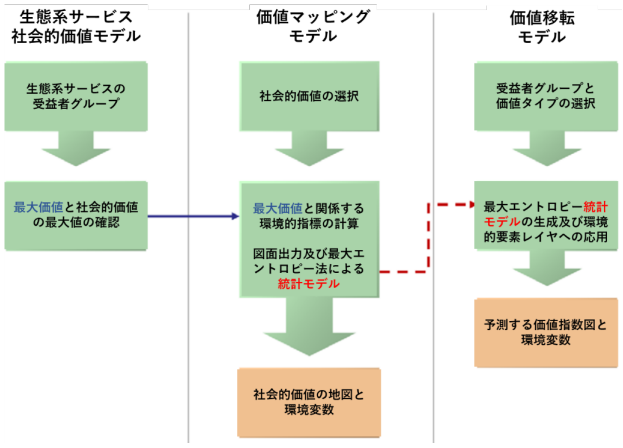


図-2　SolVES の全体的なプロセス
（Sherrouse et al.　2020[6] より筆者作成）

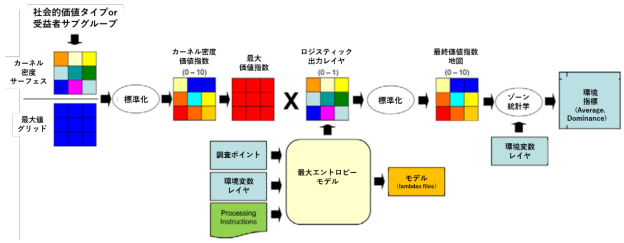


図-3　SolVES におけるマッピングのプロセス
（Sherrouse et al.　2020[6] より筆者作成）

SolVES は，収集した回答者の選好性と価値観，及び価値地点（回答者が価値があると思う場所）を目的変数，標高，傾斜度，水域までの距離などの環境的指標を説明変数として，最大エントロピー法による対象区域内の価値分布の推定を行い，ピクセルごとの定量的な 10 段階の社会的価値指標である「価値指数（Value Index，下記 VI）」を算出する．

また，VI 値以外の主な評価値として，まず，生態系サービス社会価値モデルでは，プロットされた価値地点のポイントデータは Completely Spatially Random 仮説検定[7]にかけられ，R 値と Z スコアが計算され，価値地点の相対的な分散，クラスタリング，及びランダム性を表す平均最近隣統計量を生成するためにも機能する．また，価値地点のポイントデータと環境的要素との関係性の適合度は範囲が 0 から 1 までの Area Under the Curve（AUC）値により表す．

SolVES が発表されてからわずか 13 年であるが，SolVES を用いた研究の目的と適用方法は非常に多様化しており，SolVES を用いた研究は生態学，応用地理学，景観生態学，都市緑地学，環境政策学，海洋政策学などの分野の国際誌に発表されている．

表-1　レビュー論文の Library Catalog と Publication Title.

Library Catalog	Publication Title
ScienceDirect	・Applied Geography ・Ecosystem Services ・Ecological Indicators ・Environmental Management ・Science of The Total Environment ・Urban Forestry & Urban Greening ・Land Use Policy ・Environmental Development ・Ocean & Coastal Management ・Environmental Modelling & Software ・Marine Policy
Springer Link	・Regional Environmental Change ・Landscape Ecology ・Environmental Science and Pollution
www.mdpi.com	・Sustainability ・Remote Sensing ・Environmental Research & Public Health
Frontiers	・Public Health ・Ecology and Evolution
Taylor and Francis	・Ecosystems and People
Swr.agriculturejournals.cz	・Soil and Water Research
Austriaca.at	・Geographic Information Science
Crossref	・Earth and Environmental Sciences
SAGE Journals	・Air, Soil and Water Research
www.hindawi.com	・Mathematical Problems in Engineering

3.　論文レビューの方法

(1)　対象研究論文の選定

本研究では，Cheng et al[3]が行った CES に着目した体系的定量的研究レビューを参考にし，最初の SolVES の論文が発表された 2011 年から，2023 年までの期間を指定し，ISI Web of Science (http://www.isiknowledge.com)と Scopus (http://www.scopus.com)データベースを用いて，「ecosystem services*」 AND 「social value*」 AND 「solves*」，及び「ecosystem services*」 AND 「social value*」 AND 「assessment*」OR 「evaluation*」という検索語でタイトル，概要，キーワードを対象に論文を検索した．検索した論文の概要と研究方法を確認することで，SolVES を用いて分析評価をした研究論文を抽出した．

なお，SolVES と似たようなデータ処理手法の利用，あるいは，MaxEnt モデルのみを用いてデータ解析をした研究論文は対象内に入っていない．

その結果，計 43 編の論文を抽出した．文献の Library Catalog と Publication Title は表 1 で示す．文献リストは付録 5 に示す．

(2)　本研究のレビュー方法

本研究は，SolVES の適用状況を把握するために，SolVES を用いた研究論文の年次傾向を見たうえで，これまで SolVES を用いて ES の社会的価値の評価分析を行った研究において，どういう研究目的で SolVES を使っ

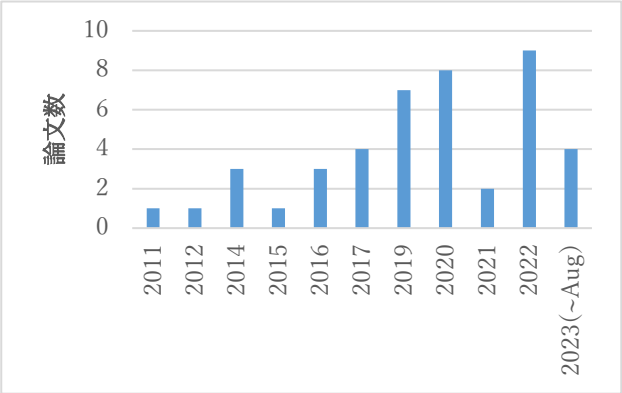


図-4　論文数の年別推移

たのか，そして，研究対象として，どのような対象地・対象価値タイプが選定されたのか，また，インプットする空間的なデータとして，どのような環境的要素（及び空間的データの解像度）を使ったのかをそれぞれに整理，類型化をした．

4.　研究論文の整理と動向把握

(1)　論文の年次傾向

抽出した論文数の推移を図 4 に示す．2011 年に Sherrouse et al [8] らがはじめて SolVES の論文を発表してから，2023 年の 8 月までの 13 年間には，SolVES モデル用いて ES を定量化する研究事例の数が増加傾向にあり，2022 年に発表された論文の数が最大となっている．SolVES を用いて ES の定量化が注目されてきていることがうかがえる．

(2)　研究目的の整理

SolVES 本来の目的として，意思決定の促進と政策貢献のための ES の社会的価値のマッピング（ホットスポット分析・政策優先場所の特定）・定量化・空間的要素との関係性解明が挙げられる．

こういった共通の目的に加えて，SolVES を用いて得た評価結果の使い道，あるいは，共通的目的以外の研究目的を整理した．その結果，1) 受益者グループ間の評価比較，2) 他のモデル・評価指標と組み合わせた ES に対する多面的な評価，3) 対象地間の価値移転及びその検証，4) モデル検証・改良，5) ES の需給関係の解明，6) シナリオ分析，7) 小スケール対象地の設計・計画・管理，8)潜在的社会的価値のマッピング・考察，9) 地域間の ES の評価比較，10) 持続可能な土地管理の実践への一般市民の参加の促進，11) ES 評価結果と個人属性と関係性の解明の 11 類型に類型できた（図 5）．

対象論文の中では，受益者グループ間の評価比較を目的とし，受益者グループ間の認識差異に着目した考察が中心となる研究が最も多い．例として，Duan et al [9] は，住民と観光客の 2 つのステークホルダーグループ間の社会的価値指標の比較により，地域の住民と観光客の社会的価値の認識の違いを比べることで，両方の ES に対する需要の差異を考慮できる意思決定レベルから ES の社会的価値を高めることを目的とした空間最適化戦略を提案した．

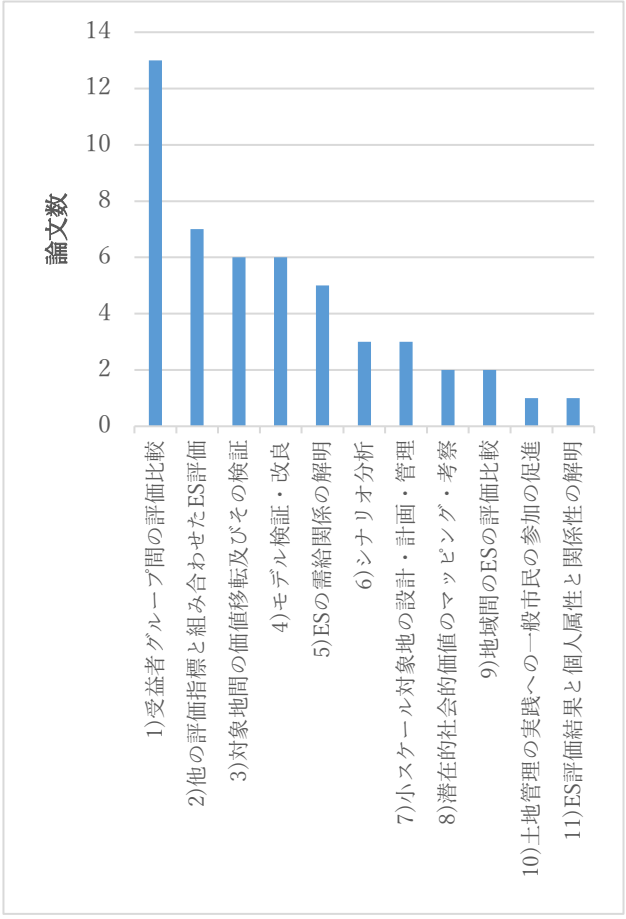


図-5　共通的目的以上の研究ターゲット

また，SolVES は人間社会の需要の視点で，社会・文化的指標による評価手法であるため，ES のフローを評価する ARIES モデル [10]，経済価値を評価する InVEST モデル [11] などを組み合わせることで，地域の ES の総合的な評価の試みを行った研究も多く見られる．近年では，SolVES を用いた CES の需要と供給の関係のバランスに着目した研究も多数行われてきた．例として，Meng et al [12] と Zhang et al [13] は，SolVES の評価結果を CES の供給の指標，ソーシャルメディアデータに基づいて分析した結果を CES の需要の指標として，CES の需給関係を考察している．

(3)　研究対象地の空間スケールの整理

対象論文の研究対象地を整理したところ，1) 国家自然

公園（森林），2) 国家自然公園（島），3) 湿地公園，4) 集水域，5) 河川エリア，6) 沿岸部，7) 山エリア，8) 都市森林公園，9) 都市部エリア，10) 農業エリアに分類できた（図 6）．さらに，SolVES を適用する対象地の空間スケールを把握するため，Zhou et al [14] を参考に，対象論文の研究対象地面積を small（<10,000ha），medium（10,000ha～100,000ha），large（>100,000ha）に区分し，研究対象地別・年別にその構成比を算出した（図 7，図 8）．

以上より，最初に SolVES を適用した Pike-San Isabe National Forests（アメリカ）の 1) 国家自然公園（森林）が SolVES の評価対象とした事例が最も多く，次いで事例数の多い 4) 集水域と 9) 都市エリアの空間スケールも基本的に large になっているが，2017 年から，3)湿地公園と 8) 都市森林公園を代表とした small の対象地における SolVES の適用も始まり，SolVES の適用性と有効性，及び政策貢献度が証明されてきた [14][15]．そして，Tian et al [16] と Huang et al [17] は小スケールの湿地公園を対象地として，データの収集の 4 つの方法の比較と時系列の変化の視点の導入を行ったことで，SolVES が小スケールの湿地公園に適用することを検証したと同時に，SolVES に基づいた研究手法の改良に大きく貢献した．

(4) SolVES を用いた研究の対象価値タイプの把握

各研究において，研究対象とした ES の価値タイプは，基本的に Millennium Ecosystem Assessment（MA）；The economics of ecosystems and biodiversity（TEEB）；The Common International Classification of Ecosystem Services（CICES）；Inter-governmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services（IPBES）のいずれかの国際的な ES の分類基準を参考にして選定をしたが，統一された分類がないため，研究対象地と研究目的によって，研究対象とした価値タイプの数と種類が様々になっているほか，さらに研究目的や研究対象地に応じて，特有の価値タイプを設定したケースもある．また，その影響で，価値タイプ間に概念の重複などの問題が生じる可能性もある．

本研究は，対象論文において用いられた価値タイプとして，32 種類を抽出し，CES 価値／基盤サービス価値／供給サービス価値／調整サービス価値／経済的価値に分類した．その中で，対象とされた価値タイプは CES 価値が最も多いため，これをさらに CICES [18] の分類方法を参考にし，自然環境との物理的・体験的相互作用／自然環境との知的・代表的な相互作用／精神的・象徴的・その他の自然環境との相互作用に区分した（付録 1）．また，CES 研究対象地の 10 類型ごとに対象価値タイプの各類型の論文数を整理した（付録 2）．30 編以上の研究論文の対象になった価値タイプとして，「美的価値」，「レクリエーション価値」，「文化価値」，「歴史価値」，

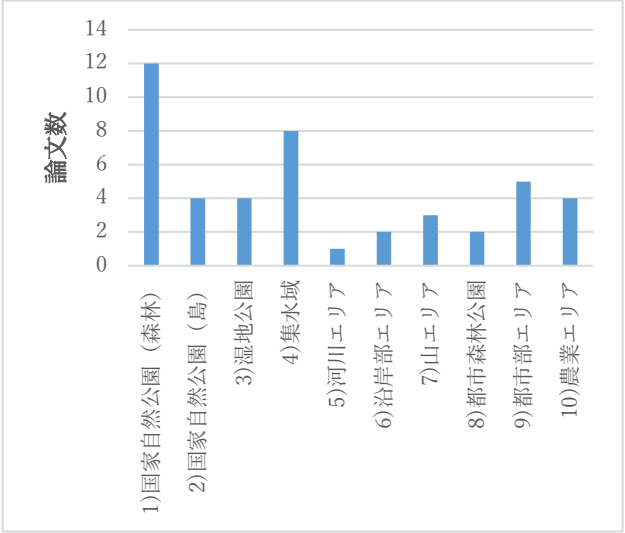


図-6 研究対象地の類型

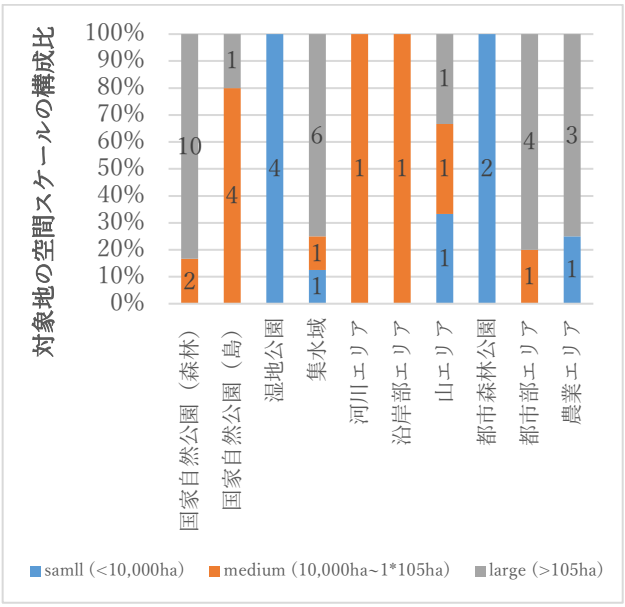


図-7 研究対象地とその空間スケール

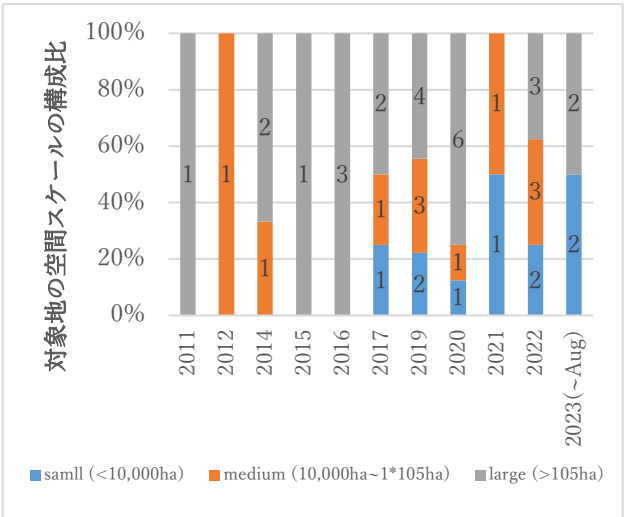


図-8 年ごとの研究対象地の空間スケール

「精神的価値」，「治療価値」が挙げられ，社会・文化的指標による一般的に評価可能な価値タイプであると考えられる．

また，対象価値タイプの設定の傾向から見ると，SolVES は ES の社会的価値の定量化・マッピングのツールであるが，ES に関する価値認識のみならず，より一般的な認識や ES 以外のものに対する認識の定量化・マッピングのためのツールである可能性も考えられる．

(5) 環境的要素と空間的データの解像度の整理

価値分布の推定において，MaxEnt モデルに使われる環境的要素の選定は，価値地点のポイントデータの分布に影響を与えると想定できる環境的要素を選定するという基準が一般的に使われているが，先行研究が使った環境的要素をそのまま使ったり，研究対象地の固有印象による環境的要素の選定を行ったりしたケースも多い．また，対象価値タイプと同様に，環境的要素の選定も研究目的と研究対象地によって様々になっているため，説明変数として，環境的要素間の空間的な多重共線性の検定が重要である．

対象論文に使われた環境的要素として 53 種類を抽出し，地理的要素／土地利用・土地被覆／生態学的要素／インフラ要素／施設・デザイン要素／環境資源要素／社会的要素に分類した．（付録 3）．研究対象地類型ごとに環境的要素の各類型の論文数を整理した（付録 4）．対象論文の内，20 編以上に使われた環境的要素として，「美的価値」，「標高」，「傾斜度」，「道路までの距離」，「水域までの距離」，「土地被覆」が挙げられ，SolVES による ES の社会的価値の評価に適用性の高い環境的要素であると考えられる．また，SolVES に使われる環境的要素と最後にアウトプットするマッピングの結果はすべてラスターデータになるため，本研究は扱う空間的データの解像度についても把握した．これまでの研究では，扱った空間的データの解像度をピクセルのメートル単位の 12 種類に整理した（図 9）．最小の解像度は 1m であり，空間スケールが small に当たる湿地公園・都市公園に適用されていた．最大の解像度は 1000m であり，空間スケールが large である河川エリアに適用されていた．全体としては 30m の解像度が著しく多く，データとして一番入手しやすいと考えられる．

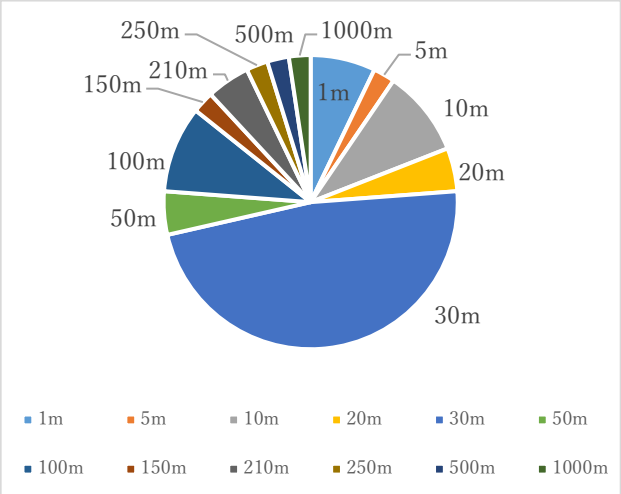


図-9 扱った空間的データの解像度（ピクセルサイズ）

5. まとめ

(1) SolVES を用いた研究の概観

本研究は，国際学術誌で発表された SolVES を用いた研究論文 43 編をレビューし，研究目的，研究対象地，対象価値タイプ，使用した環境的要素について整理した．SolVES は，人間社会の需要・受益の視点で，体系的な社会・文化的指標により，定量的に空間的評価・マッピングができるというこれまでにない研究手法を提案している．SolVES を用いて ES の社会的価値に対する評価分析の研究手法は 2011 年に初めて発表されてから，わずか 13 年であり，評価対象や環境的要素の選定，データ収集や変数の選定などに研究手法の改善に関する議論は今後も必要だが，生態系やスケールが異なる世界中の多くのフィールドで有効性が実証されており，SolVES を用いて ES の定量化を行う研究が増加傾向にある．

環境資源の豊かなスケールの大きい対象地が SolVES の主な適用対象になっているが，近年では，スケールの小さい湿地公園や都市公園に SolVES を活用した研究の数が増え，スケールの小さい対象地での SolVES の適用性が証明されているほか，データの収集方法や SolVES に基づいた多面的な分析方法も充実しているため，大きいスケールの対象地とともに，小さいスケールの対象地の ES 評価にも，SolVES の更なる活用が期待できると考えられる．

(2) デザイン・管理への応用と日本での適用可能性

研究目的の整理より，SolVES は受益者グループ間の評価比較のために最も多く使われていることが分かった．そこで，SolVES は異なる受益者グループの価値認識を空間的に表現できるため，特に利用者の利用体験に大きく影響を与える非物質的な CES の価値を，他面的・総合的なデザイン・管理に反映させることができる．具体的に，需要や利用選好の異なる利用者グループごとに，重視される価値タイプ，及び具体的な場所の特定をすることで，利用体験の向上に寄与する可能性がある．

環境資源に着目したデザイン・管理を支えるステークホルダーが多様化している日本に対しては，SolVES に

よる多面的な受益者グループの認識評価の適用性が高いと考えられる．

また研究対象地の整理により，これまで SolVES は，森林や山エリアなどのスケールの大きい環境資源を対象にしてきたことが分かった．このことから，山地・山脈・森林などが国土面積の多くを占める日本でも SolVES の適用可能性が考えられる．また，それ以外でも，豊かな海洋・河川資源を持つ日本は沿岸部や河川エリアにおける ES の評価分析に SolVES の適用が期待できる．そして，比較的スケールの小さい公園や湿地での SolVES の適用傾向も 2017 年以降見られることから，都市部や都市近郊部における緑地建設や環境保全が重視されている日本においての都市公園・湿地公園・都市近郊農地などでの SolVES 適用も考えられる．

REFERENCES

1) Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystem and human well-being A framework for assessment: < https://www.millenniumassessment.org/documents/docum ent.356.aspx.pdf > 2023.7.15
2) Vihervaara, P., Rönkä, M., & Walls, M. (2010). Trends in Ecosystem Service Research: Early Steps and Current Drivers. AMBIO, 39(4), 314‐324.
3) Cheng, X., Van Damme, S., Li, L., & Uyttenhove, P. (2019). Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods. Ecosystem Services, 37, 100925.
4) 庄山紀久子. (2014). 生態系サービスの地図化に向けて. 景観生態学, 19(2), 121‐126.
5) Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., García-Llorente, M., & Montes, C. (2014). Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. Ecological Indicators, 37, 220‐228.
6) Sherrouse, B. C., & Semmens, D. J. (2020). Social Values for Ecosystem Services, version 4.0 (SolVES 4.0)−Documentation and user manual. In Social Values for Ecosystem Services, version 4.0 (SolVES 4.0)−Documentation and user manual (USGS Numbered Series 7-C25; Techniques and Methods, Vols. 7-C25). U.S. Geological Survey.
7) Brown, G. G., Reed, P., & Harris, C. C. (2002). Testing a place-based theory for environmental evaluation: An Alaska case study. Applied Geography, 22(1), 49‐76.
8) Sherrouse, B. C., Clement, J. M., & Semmens, D. J. (2011). A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. Applied Geography, 31(2), 748‐760.
9) Duan, H., & Xu, N. (2022). Assessing Social Values for Ecosystem Services in Rural Areas Based on the SolVES Model: A Case Study from Nanjing, China. Forests, 13(11), Article 11.
10) Bagstad, K. J., Semmens, D. J., Ancona, Z. H., & Sherrouse, B. C. (2016). Evaluating alternative methods for biophysical and cultural ecosystem services hotspot mapping in natural resource planning. Landscape Ecology, 32(1), 77‐97.
11) Lin, Y.-P., Lin, W.-C., Li, H.-Y., Wang, Y.-C., Hsu, C.-C., Lien, W.-Y., Anthony, J., & Petway, J. R. (2017). Integrating Social Values and Ecosystem Services in Systematic Conservation Planning: A Case Study in Datuan Watershed. Sustainability, 9(5), Article 5.
12) Meng, S., Huang, Q., Zhang, L., He, C., Inostroza, L., Bai, Y., & Yin, D. (2020). Matches and mismatches between the supply of and demand for cultural ecosystem services in rapidly urbanizing watersheds: A case study in the Guanting Reservoir basin, China. Ecosystem Services, 45, 101156.
13) Zhang, J., He, C., Huang, Q., Li, J., & Qi, T. (2022). Evaluating the supply and demand of cultural ecosystem services in the Tibetan Plateau of China. Landscape Ecology, 37(8), 2131‐2148.
14) Zhou, L., Guan, D., Huang, X., Yuan, X., & Zhang, M. (2020). Evaluation of the cultural ecosystem services of wetland park. Ecological Indicators, 114, 106286.
15) Sun, F., Xiang, J., Tao, Y., Tong, C., & Che, Y. (2019). Mapping the social values for ecosystem services in urban green spaces: Integrating a visitor-employed photography method into SolVES. Urban Forestry & Urban Greening, 38, 105‐113.
16) Tian, T., Sun, L., Peng, S., Sun, F., & Che, Y. (2021). Understanding the process from perception to cultural ecosystem services assessment by comparing valuation methods. Urban Forestry & Urban Greening, 57, 126945.
17) Huang, S., Tian, T., Zhai, L., Deng, L., & Che, Y. (2023). Understanding the dynamic changes in wetland cultural ecosystem services: Integrating annual social media data into the SolVES. Applied Geography, 156, 102992.
18) CICES (2023). Towards a common classification of ecosystem services (v5.1): < https://cices.eu/ > 2023.10.2

付録 1・研究対象とされた価値タイプ

CES 価値		
自然環境との物理的・体験的な相互作用	自然環境との知的・代表的な相互作用	精神的・象徴的・その他の自然環境との相互作用
Recreation・ レクリエーション価値（42） Therapeutic・ 治療価値（31） Life Sustaining・ 生命維持価値（20） Tourism・ 観光価値（13） subsistence・ 生存価値（4） Nature appreciation・ 自然鑑賞価値（1）	Aesthetic・ 美的価値（42） Cultural・ 文化価値（40） Historic・ 歴史価値（35） Learning・ 学習価値（23） Educational・ 教育価値（11） Scientific・ 科学価値（6）	Spiritual・ 精神的価値（31） future・ 未来的価値（25） Sense of place・ 地域愛着価値（3） Inspiration・ インスピレーション価値（2） Social reltaions・ 社会関係価値（2） Religious・ 宗教的価値（2） Bequest・ 遺贈価値（2） heritage・ 遺産価値（1）
基盤サービス価値	**供給サービス価値**	**調整サービス価値**
Biodiversity・ 生物多様性価値（26） Intrinsic・ 固有価値（21） Wildlife habitat・ 生息地価値（1） Air and soil formation, nutrient cycling・ 空気と土壌の形成,栄養循環価値（1）	Agricultural production・ 農産物価値（2） Wood and forestry products・ 木材産物価値（3） Water provision・ 水資源価値（2）	Flood control・ 水害防止価値（2） Rock desertification control・ 岩石の砂漠化防止価値（1） ecological conservation・ 生態保全価値（1）
経済的価値		
Economic・ 経済価値（29）		

付録 2・研究対象地類型と研究対象とされた価値タイプ

価値タイプ	国家自然公園（森林）	国家自然公園（島）	湿地公園	集水域	河川エリア	沿岸部エリア	山エリア	都市森林公園	都市部エリア	農業エリア	合計
Aesthetic・美的価値	12	4	4	7	1	2	3	2	4	3	42
Recreation・レクリエーション価値	11	4	4	7	1	2	3	2	4	4	42
Cultural・文化価値	12	4	1	11		2	2	2	3	3	40
Historic・歴史価値	10	2	4	8	1	2	2	1	3	2	35
Spiritual・精神的価値	11	4	2	3	1	2	2	2	1	3	31
Therapeutic・治療価値	10	4	4	6	1	2	1	2	1		31
Economic・経済価値	11	4	2	4	1	1	2	1	2	1	29
Biodiversity・生物多様性価値	10	4	2	4		2	1		2	1	26
future・未来的価値	11	4	1	3	1	2	1		1	1	25
Learning・学習価値	10	4	1	3		2	2		1		23
Intrinsic・固有価値	10	4		2		2		2	1		21
Life Sustaining・生命維持価値	6	4		3		2	1	2	1	1	20
Educational・教育価値	1		2	1				2	2	3	11
Scientific・科学価値	2	2				2					6
heritage・遺産価値	1										1
Tourism・観光価値	10			1	1				1		13
subsistence・生存価値	1			1		1				1	4
Inspiration・インスピレーション価値							1			1	2
Sense of place・地域愛着価値								2		1	3
Agricultural production・農産物価値				2							2
Wood and forestry products・木材産物価値	1			2							3
Water provision・水資源価値				2							2
Flood control・水害防止価値				2							2
Climate change・気候変動価値				2							2
Religious・宗教的価値							1			1	2
Wildlife habitat・生息地価値				1							1
Air and soil formation, nutrient cycling・空気と土壌の形成,栄養循環価値				1							1
Rock desertification control・岩石の砂漠化防止価値				1							1
Social reltaions・社会関係価値								1		1	2
Nature appreciation・自然鑑賞価値								1			1
Bequest・遺贈価値								2			2
ecological conservation・生態保全価値										1	1

付録 3・使われた環境的指標

地理的要素	土地利用・土地被覆	生態学的要素
Elevation・ 標高（37） Slope・ 傾斜度（27） Hillshade・ 陰影起伏（4）	Land Use & Land Cover & Land Form・ 土地利用/土地被覆（33）	Carbon Storage・ 炭素貯蔵（4） Species Richness・ 種の豊富さ（3） Vegetation types・ 植生タイプ（3） Soil type・ 土壌タイプ（1） Normalized differential vegetation index (NDVI)・植生活性度（2）
インフラ要素	**施設・デザイン要素**	**環境資源要素**
Distance to roads・ 道路までの距離（28） Distance to infrastructures・ インフラまでの距離（5） Distance to coastline・ 海岸線までの距離（5） Drainage network density・ 排水網密度（1） Distance to dykes・ 堤防までの距離（1） Distance to agricultural dykeland ・ 農業用ダイケランドまでの距離（1） Distance to bridge・ 橋までの距離（1）	Distance to trails・ トレイルまでの距離（4） Distance to attractions・ アトラクションまでの距離（3） Distance to parking lots・ 駐車場までの距離 Distance to toilet・ トイレまでの距離（3） Distances to buildings・ 建物までの距離（1） Distance to square & platform・ 広場とプラットフォームまでの距離（1） Distance to fountain & pool・ 噴水とプールまでの距離（1） Distance to landscape sketch・ 風景スケッチまでの距離（1） Distance to tennis court・ テニスコートまでの距離（1） Distance to playground・ 運動場までの距離（1） Distance to modern building・ 現代建築までの距離（1） Distance to pavilion & gallery・ パビリオン&ギャラリーまでの距離（1） Distance to artificial hill・ 人工丘陵までの距離（1）	important sub-watersheds・ 重要なサブ集水域（1） the area occupied by different protected areas・保護区エリア（1） Distance To Marine protected areas・ 海洋保護区までの距離（3） Distance to wetland・ 湿地までの距離（1） Distance to vineyard・ ブドウ園までの距離（1） Distances to highest peaks・ 最高峰までの距離（1） Distance to lake & wetland・ 湖と湿地までの距離（1） Distance to river & stream・ 川までの距離（1） Distance to flower & lawn・ 芝生までの距離（1） Distance to tree & jungle・ 雑木林までの距離（1） Distance to forest・ 森林までの距離（1） Distance to agricultural production space・ 農地までの距離（1）
社会的要素		
Distance to beneficiaries・ 受益者までの距離（1） indigenous communities・ 先住民コミュニティ（1） Distance to built-up areas・ 既成市街地までの距離（1） Distance to urban planning areas・ 都市計画エリアまでの距離（1） Population densities・ 人口密度（1） Distance to residence・ 居住区までの距離（1） Distance to rural settlement・ 集落までの距離（1）		

付録 4・研究対象地類型と使われた環境的指標

環境的指標	国家自然公園（森林）	国家自然公園（島）	湿地公園	集水域	河川エリア	沿岸部エリア	山エリア	都市森林公園	都市部エリア	農業エリア	合計
Elevation・標高	8	3	4	6		2	3	2	5	4	37
Slope・傾斜度	7	2	2	4		1	3	2	4	2	27
Land Use & Land Cover & Land Form・土地利用/土地被覆	10	2	1	8		2	1	1	4	4	33
Distance to roads・道路までの距離	9	1		5	1	1	2	2	4	3	28
Distance to water・水域までの距離	9	1	1		1	1	2	1	4	3	23
Distance to trails・トレイルまでの距離	2		1				1				4
Distance to infrastructures・インフラまでの距離		3				2					5
Distance to attractions・アトラクションまでの距離						1			1	1	3
Distance to coastline・海岸線までの距離		2				2				1	5
Distance to beneficiaries・受益者までの距離	1										1
important sub-watersheds・重要なサブ集水域				1							1
the area occupied by different protected areas・保護区エリア				1							1
indigenous communities・先住民コミュニティ				1							1
Distance To Marine protected areas・海洋保護区までの距離	1	2									3
Distance to Viewshed・可視領域までの距離	1	1									2
Carbon Storage・炭素貯蔵	1	1	2								4
Species Richness・種の豊富さ		1	1							1	3
Vegetation types・植生タイプ		1	1						1		3
Distance to wetland・湿地までの距離										1	1
Distance to parking lots・駐車場までの距離			3								3
Distance to toilet・トイレまでの距離			3								3
Distance to built-up areas・既成市街地までの距離				1							1
Distance to urban planning areas・都市計画エリアまでの距離				1							1
Population densities・人口密度				1							1
Soil type・土壌タイプ				1							1
Normalized differential vegetation index (NDVI)・植生活性度				1						1	2
Drainage network density・排水網密度				1							1
Distance to residence・居住区までの距離				1							1
Distance to vineyard・ブドウ園までの距離										1	1
Distance to dykes・堤防までの距離										1	1
Distance to agricultural dykeland・農業用ダイケランドまでの距離										1	1
Hillshade・陰影起伏							1		3		4
Distances to buildings・建物までの距離							1				1

Distances to highest peaks・ 最高峰までの距離							1				1
Distance to square & platform・ 広場とプラットフォームまでの距離								1			1
Distance to lake & wetland・ 湖と湿地までの距離								1			1
Distance to river & stream・ 川までの距離								1			1
Distance to fountain & pool・ 噴水とプールまでの距離								1			1
Distance to flower & lawn・ 芝生までの距離								1			1
Distance to tree & jungle・ 雑木林までの距離								1			1
Distance to landscape sketch・ 風景スケッチまでの距離								1			1
Distance to tennis court・ テニスコートまでの距離								1			1
Distance to playground・ 運動場までの距離								1			1
Distance to modern building・ 現代建築までの距離								1			1
Distance to pavilion & gallery・ パビリオン&ギャラリーまでの距離								1			1
Distance to bridge・ 橋までの距離								1			1
Distance to artificial hill・ 人工丘陵までの距離								1			1
Distance to forest・ 森林までの距離									1		1
Cloud cover・雲量										1	1
Temperature・気温										1	1
Precipitation・降水量										1	1
Distance to rural settlement・ 集落までの距離										1	1
Distance to agricultural production space・ 農地までの距離										1	1

付録 5・文献リスト

Publicaion Year	Author	Title (Times Cited)	Publication Title
2011	Sherrouse, Benson C. et al.	A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services (408) **References 8)**	Applied Geography
2012	van Riper, Carena J. et al.	Mapping outdoor recreationists' perceived social values for ecosystem services at Hinchinbrook Island National Park, Australia (171)	Applied Geography
2014	Sherrouse, Benson C. et al.	Validating a method for transferring social values of ecosystem services between public lands in the Rocky Mountain region (33)	Ecosystem Services
2014	Sherrouse, Benson C. et al.	An application of Social Values for Ecosystem Services (SolVES) to three national forests in Colorado and Wyoming (180)	Ecological Indicators
2014	Van Riper, Carena J. et al.	Capturing multiple values of ecosystem services shaped by environmental worldviews: A spatial analysis (120)	Environmental Management
2015	Bagstad, Kenneth J. et al.	Linking biophysical models and public preferences for ecosystem service assessments: a case study for the Southern Rocky Mountains (72)	Regional Environmental Change
2016	Bagstad, Kenneth J. et al.	Evaluating alternative methods for biophysical and cultural ecosystem services hotspot mapping in natural resource planning (66) **References 10)**	Landscape Ecology
2016	Makovníková, Jarmila. et al.	An approach to mapping the potential of cultural agroecosystem services (23)	Soil and Water Research
2016	Shoyama, Kikuko. et al.	Local perception of ecosystem service bundles in the Kushiro watershed, Northern Japan – Application of a public participation GIS tool (26)	Ecosystem Services
2017	Lin, Yu-Pin. et al.	Integrating Social Values and Ecosystem Services in Systematic Conservation Planning: A Case Study in Datuan Watershed (25) **References 11)**	Sustainability
2017	van Riper, Carena J. et al.	Toward an integrated understanding of perceived biodiversity values and environmental conditions in a national park (72)	Ecological Indicators
2017	Sherrouse, Benson C. et al.	Analyzing land-use change scenarios for trade-offs among cultural ecosystem services in the Southern Rocky Mountains (65)	Ecosystem Services
2017	Codato, Daniele. et al.	Participatory GIS in Mapping Ecosystem Services: Two Case Studies from High-Biodiversity Regions in Italy and Peru (2)	Geographic Information Science
2019	Zhao, Qiqi. et al.	Integrating supply and demand in cultural ecosystem services assessment: a case study of Cuihua Mountain (China) (25)	Environmental Science and Pollution Research
2019	Qin, Keyu. et al.	Setting conservation priorities based on ecosystem services - A case study of the Guanzhong-Tianshui Economic Region (54)	Science of The Total Environment
2019	Zhang, Hongjuan. et al.	Assessing and mapping recreationists' perceived social values for ecosystem services in the Qinling Mountains, China (32)	Ecosystem Services
2019	Sun, Fengyun. et al.	Mapping the social values for ecosystem services in urban green spaces: Integrating a visitor-employed photography method into SolVES (50) **References 15)**	Urban Forestry & Urban Greening
2019	Semmens, Darius J. et al.	Using social-context matching to improve spatial function-transfer performance for cultural ecosystem service models (13)	Ecosystem Services
2019	Johnson, Dana N. et al.	Comparing the social values of ecosystem services in US and Australian marine protected areas (36)	Ecosystem Services
2019	Bogdan, Sorina Mihaela. et al.	Mapping social values for cultural ecosystem services in a mountain landscape in the romanian carpathians (17)	Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences
2020	Zhao, Qiqi. et al.	The Evolution Response of Ecosystem Cultural Services under Different Scenarios Based on System Dynamics (12)	Remote Sensing
2020	Petway, Joy R. et al.	A Place-Based Approach to Agricultural Nonmaterial Intangible Cultural Ecosystem Service Values (15)	Sustainability
2020	Zhou, Lilei. et al.	Evaluation of the cultural ecosystem services of wetland park (45) **References 14)**	Ecological Indicators
2020	van Riper, Carena J. et al.	Understanding the role of local knowledge in the spatial dynamics of social values expressed by stakeholders (9)	Applied Geography
2020	Meng, Shiting. et al.	Matches and mismatches between the supply of and demand for cultural ecosystem services in rapidly urbanizing watersheds: A case study in the Guanting Reservoir basin, China (53) **References 12)**	Ecosystem Services
2020	Petrakis, Roy E. et al.	Mapping Perceived Social Values to Support a Respondent-Defined Restoration Economy: Case Study in Southeastern Arizona, USA (19)	Air, Soil and Water Research
2020	Chen, Yuanyuan. et al.	Disparity in Perceptions of Social Values for Ecosystem Services of Urban Green Space: A Case Study in the East Lake Scenic Area, Wuhan (19)	Public Health
2020	Zhang, Weixin. et al.	Integrating preferences and social values for ecosystem services in local ecological management: A framework applied in Xiaojiang Basin Yunnan province, China (20)	Land Use Policy
2021	Zhang, Zhicheng. et al.	Evaluation of Social Values for Ecosystem Services in Urban Riverfront Space Based on the SolVES Model: A Case Study of the Fenghe River, Xi'an, China (15)	Environmental Research and Public Health
2021	Tian, Tian. et al.	Understanding the process from perception to cultural ecosystem services assessment by comparing valuation methods (16) **References 16)**	Urban Forestry & Urban Greening
2022	Duan, Haoran. et al.	Assessing Social Values for Ecosystem Services in Rural Areas Based on the SolVES Model: A Case Study from Nanjing, China (3) **References 9)**	Forests
2022	Pan, Jianfeng. et al.	Distribution patterns of lake-wetland cultural ecosystem services in highland (5)	Environmental Development
2022	Zhang, Jinxi. et al.	Evaluating the supply and demand of cultural ecosystem services in the Tibetan Plateau of China (2) **References 13)**	Landscape Ecology
2022	Zhang, Kaili. et al.	Differing perceptions of the youth and the elderly regarding cultural ecosystem services in urban parks: An exploration of the tour experience (15)	Science of The Total Environment
2022	Ancona, Zachary H. et al.	Spatial social value distributions for multiple user groups in a coastal national park (2)	Ocean & Coastal Management
2022	Sherrouse, Benson C. et al.	Social Values for Ecosystem Services (SolVES): Open-source spatial modeling of cultural services (20)	Environmental Modelling & Software
2022	Zhu, Yiting	Social Value Evaluation of Ecosystem Services in Global Geoparks Based on SolVES Model (2)	Mathematical Problems in Engineering
2022	Wang, Ruxing. et al.	Social Value Assessment and Spatial Expression of National Park Ecosystems Based on Residents' Perceptions	Sustainability
2022	Katsuda, Kakeru. et al.	Local perception of ecosystem services provided by symbolic wild cherry blossoms: toward community-based management of traditional forest landscapes in Japan (3)	Ecosystems and People
2023	Huang, Sitong. et al.	Understanding the dynamic changes in wetland cultural ecosystem services: Integrating annual social media data into the SolVES **References 17)**	Applied Geography
2023	Zhao, Qiqi. et al.	Modelling cultural ecosystem services in agricultural dykelands and tidal wetlands to inform coastal infrastructure decisions: A social media data approach (2)	Marine Policy
2023	Luo, Youyu. et al.	Magnifier or refractor? Exploring the impact of geographical indication on people's perception of the value of cultural ecosystem services based on the SolVES model	Ecology and Evolution
2023	Zhao, Yuqing. et al.	Assessing the supply and demand linkage of cultural ecosystem services in a typical county-level city with protected areas in China (2)	Ecological Indicators