発表の構成

1. アドバンストテレメトリシステム（ATS）の概要と開発系譜
2. 技術普及への取り組み
3. ATSの現地適用事例（千曲川アユ調査への適用事例）
4. ATSの活用の方向性

ATSの開発の系譜

1. MTS（Multi Telemetry System)

2. ATS(Advanced Telemetry System) 第1世代
   水中生物への対応と発信制御の省略
   従来型発信機への対応

3. ATS(Advanced Telemetry System) 第2世代
   導入コストの削減（初期コスト，維持コスト）

■テレメトリ手法 システム化の背景

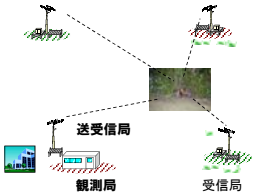
テレメトリ（Telemetry）→ システム化

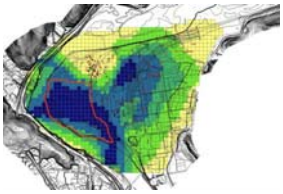
現状：追跡調査を人力に頼る部分が多い．

得られるデータ

高頻度，連続したデータが得られない

精度が一定しない．



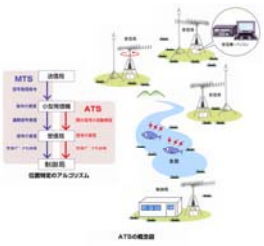


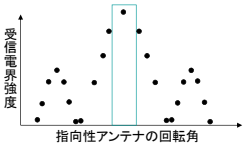
ATS（第1世代）の概要

従来型発信機

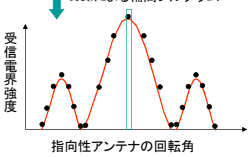
・製品化され性能が安定

・電波出力が十分にある．





ATSによる補間プルグラム



ATS 問題点改良の概要

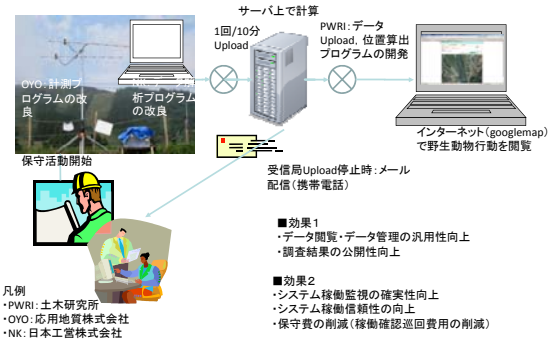
■機材の小型化・可搬性向上
測量用三脚・受信局装置の小型化による可搬性の向上

■電源問題の解消
太陽電池パネル，バッテリ(12V)で稼働可能． 春・夏期では，太陽電池パネル1枚で十分な発電量．冬期は，風力発電等を利用予定．

■通信NW問題の解消
無線LANの敷設には，コスト，設定時間がかかる．無線LANを使用しないATSでは，データ回収・稼働確認に人件費がかかる．
Mobile機器の活用（現在：WiFiルータ）

■可搬性の向上
・システム設置コスト（電源敷設・通信構築）の減少
・システム設置場所制限の減少

ATS第2世代のシステム概要



■効果1
・データ閲覧・データ管理の汎用性向上
・調査結果の公開性向上

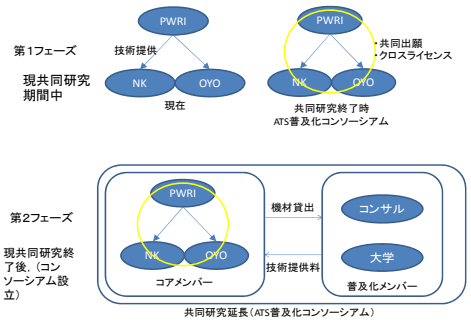
■効果2
・システム稼働監視の確実性向上
・システム稼働信頼性の向上
・保守費の削減（稼働確認巡回費用の削減）

凡例
・PWRI：土木研究所
・OYO：応用地質株式会社
・NK：日本工営株式会社

技術普及への取り組み

- 平成20年度~平成22年度
- 共同研究の枠組み，信濃川水系にATSの適用事例を増やした．
- 成果をとりまとめ，ATS利用手引を報告書としてとりまとめる
- ATS普及化コンソーシアム（仮称）設立の準備

ATSの現状問題への共同研究での体制と将来像



ATS（市場分析結果）

野生動物自動行動追跡システムを用いた降下期のアユ行動特性の把握

背景

◆アユ（*Plecoglossus altivelis altivelis*）は，全国の河川で常に保全の対象となる重要な魚種である．

◆既往研究
・アユの生態や個体群保全に関する研究
・魚道の開発・改良のための研究

◆研究・技術的な改良が必要な点
・既往研究の特徴：潜水観察や実験が主
・調査時間や実験条件で，取得できる行動データが限定される．

◆本研究の特徴
・テレメトリ手法を改良し野生動物自動行動追跡システム（Advanced Telemetry System，以下，ATSと記述する）を開発．
・アユの行動を誤差30m程度で24時間連続して追跡できるシステムを開発
・ATSを用いれば，既往研究で取得していない行動圏や夜間のアユ行動特性等を把握することが出来る．

◆アユの行動生態に関しての本研究の着眼点
・本研究では降下期直前のアユの行動特性を把握することに焦点をあてる（個体群保全を考える場合，産卵準備を整え下流へ下る準備をする時期は極めて重要）．

2. 目的

・本研究ではATSを用いて，降下期直前のアユの行動追跡
・行動圏の把握と時間帯別の空間利用特性（流速・水深）の利用特性を把握
・アユの個体群保全に有用な情報を提供することを目的とする．

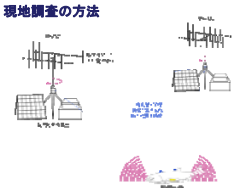
3. 研究の方法

（1）調査地の概要

【調査場所】
・信濃川水系千曲川
・流域面積7163km²
・流路延長214km

【調査地】
・千曲川中流部鼠橋付近
（長野県埴科郡坂城町）
・長野県境から95.6～97km区間
・河道幅約100m，河床勾配1/200

現地調査の方法



・ATSのシステム概要図

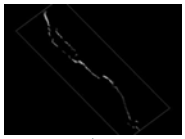
・ATS　受信局の設置場所とアユの放流場所

・電波発信機
周波数144MHz帯，　直径8.2mm
長さ19mm　水中重量約1g
発信寿命14日間

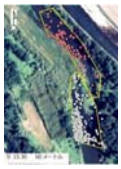
・アユの腹腔を約
15mm開腹・縫合した．
・2009年8月28日～9月11日追跡．

データ解析

a)平面流計算を用いた流況再現
・平面2次元流解析．
・地形：LP・横断面測量データを合成し作成
・粗度：河道内・河川高水敷，n=0.032
・計算メッシュ：6×6m
・上流端からの流入量：定常流量35（m³/s）

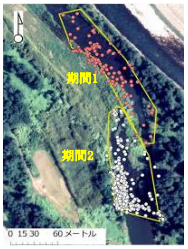


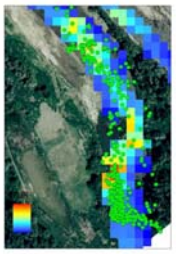
b)野生動物自動行動追跡データの分析
行動圏分析（行動特性変化）
・期間1 ：2009年8月28日～年9月2日
・期間2 ：2009年9月3日～年9月11日
時間帯毎の空間選好性
・時間帯1（5:00～17:00）
・時間帯2（17:00～20:00）
・時間帯3（20:00～24:00）



結果と考察

アユの行動特性（行動圏・空間利用特性の概要）

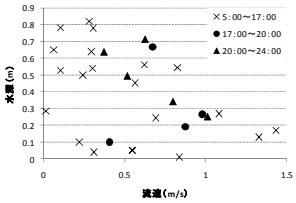


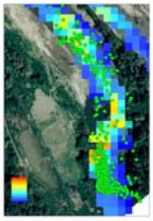


・アユの行動圏：平均約6,000m²であった．
・放流後，1週間で上流側のリーチへ移動した．
・河川の主流部を主に利用したが，淵・河岸部も利用する．
・調査区間から移出した場合，淵（流速が遅く，水深が深い場所を主に利用？

結果と考察

アユの行動と流速・水深の関係（時間帯別の空間利用特性）





・昼と夜では利用する空間の流速，水深が異なる．
・時間帯2･3では，流速が遅く水深が深い空間を利用した．

5. まとめ（アユ行動追跡）

（1）実施内容

野生動物自動行動追跡システム（魚類行動を誤差約30m，約5分間隔，2次元で追跡可能なシステム）を用いて，降下期直前のアユ1個体の行動を2週間追跡した．

（2）降下期前のアユの行動特性（行動圏・空間選好性）

・アユの行動圏は平均約6,000m²であった．
・放流後，1週間で上流側のリーチへ移動した．
・昼と夜では利用する空間の流速，水深が異なる傾向が把握でき，流速が遅く水深が深い空間を利用した．

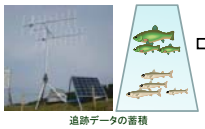
（3）アユの個体群保全に向けた考察

・降下期直前のアユにとって，水深が深く，流速の大きな箇所は重要：休息の場？
・同調査地の他個体，魚野川（新潟県魚沼市）のアユでも同様の結果が得られた．
・アユが利用する生息空間として，瀬がとりあげられるが，淵も重要であることが示唆された．

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

■行動予測手法の研究

・汎用化したATSで全国の河川で追跡可能な野生動物の行動を生活史別に追跡し、行動予測モデルを作成。特に、個体の特徴（体長等）の違いに配慮し、データ蓄積・モデル化。



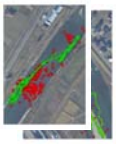
追跡データの蓄積

仮想ニゴイ個体群

仮想アユ個体群

魚類個体群モデルの構築

予測誤差の修正（データ同化）によるモデル改良



仮想上の河川改修を実施
行動予測手法で個体群の反応をシミュレーション

ATSを用いた施工案Bのフォローアップ調査

■河川管理の現場

■課題例
河積が足りない河川で河道内掘削・護岸補強が必要な場合、魚類の生息環境へ与える影響を最小化する施工方法は？

改修前

施工案A:
一様標高に切下

施工案B:
一様標高に切下

施工案C
水制工等で流れに変化をつける

案	出水	平水	評価
A	×	×	×
B	◎	◎	○
C	◎	○	△

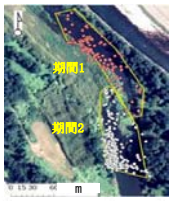
採用！ 施工案B

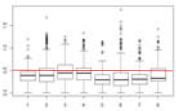
ATS

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

アユ行動のモデル化（概念と概要）

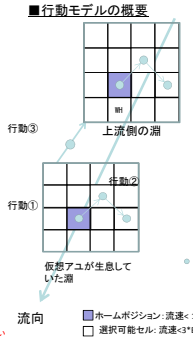
■アユ行動の特徴





巡航速度3*BL=0.2×3=0.6(m/s)巡航速度以下を選択することが多い

■行動モデルの概要



1.仮想アユはホームポジションを探索を開始する.
2.仮想アユは，流速・水深の選好性に合致するセルを選びながら回遊する.
3. 仮想アユが一定期間回遊した後，上流側へ移動する.
4. 仮想アユは，1と2と類似した動作を続ける

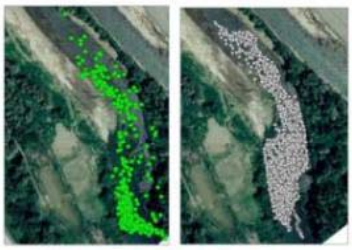
仮想アユ
BL：体長
WH：体高

ホームポジション：流速< 1.5*BL，水深>8*WH
選択可能セル：流速<3*BL，水深>4*WH

ATS

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

結果と考察（行動データと行動モデルの比較）



観測データ　　シミュレーション結果

●モデルは，仮想アユの行動圏と上流側への移動を再現した.
●試行計算
●下流側の淵の形状を変更した場合，仮想アユは上流へ観測期間よりも早く移動した.
●この結果は，淵の物理環境特性（淵の広さ等）はアユの行動に大きな影響を与えることを示唆している.

ATS

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

5. まとめ（アユ行動モデル化に向けた取り組み）

(1)実施内容

・野生動物自動行動追跡システム（魚類行動を誤差約30m，約5分間隔，2次元で追跡可能なシステム）を用いて，降下期直前のアユ2個体の行動を2週間追跡した.
・生態系モデルリングの一つの手法である個体ベースモデル（Individual Based Models: IBMs)を改良し，アユの行動モデル化に活用した.

(2)降下期前のアユの行動特性（行動圏・空間選好性）と行動のモデル化

・アユの行動圏は平均約6,000㎡であった.
・放流後，1週間で上流側のリーチへ移動した.
・昼と夜では利用する空間の流速，水深が異なる傾向が把握でき，流速が遅く水深が深い空間を利用した.
・IBMsを改良し，アユ行動の基本特性の再現が可能になった．また，空間データの改変により，仮想アユの行動が変化した.

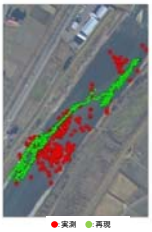
(3)アユの個体群保全に向けた考察

・降下期直前のアユにとって，水深が深く，流速の大きな箇所は重要；休息の場？
・同調査地の他個体，魚野川（新潟県魚沼市）のアユでも同様の結果が得られた.
・アユが利用する生息空間として，瀬がとりあげられるが，淵も重要であることが示唆された.

ATS

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

■アユ行動予測手法の改良と一般化



流況計算からアユの行動特性を再現した結果と実測の比較，千曲川で確認したのと同様淵を利用した.

・千曲川で開発したモデルを用いて，流況計算結果から魚野川のアユ行動を予測し，軽微な改良で利用空間，行動範囲に概略の一致を確認.
・2009～2010年に魚野川で合計20個体のアユ行動の実測を行い，モデルの整合性を向上させた.

■河川改修による物理環境変化がアユ行動に与える影響評価への適用（魚野川）

2009年（河川改修前）

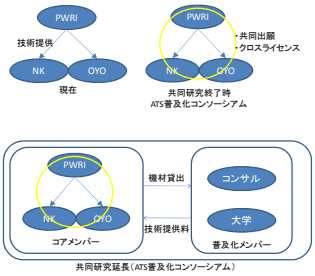
2010年（河川改修後）

2009年1月～3月にかけて行われた河川護岸工事にモデルを適用し，施工図面等からアユの行動を予測することが可能であり，実用上有用であることが確認出来た.

ATS

Advanced Telemetry System
野生動物行動自動追跡システム

■ATSの現状問題への共同研究での普及体制・導入価格



■機材直接経費（新規購入の場合）：約150万～200万
供給形態：機器リースを検討
現地導入指導費（3人日）を別途支払い

ATS

5. まとめ

(1) ATSと野生動物行動予測手法の概要とその成果

・野生動物自動行動追跡システム：
　野生動物行動に電波発信機を装着し，誤差約30m，約5分間隔，2次元で追跡可能なシステム
・野生動物行動予測手法：生態系モデルリングの一つの手法である個体ベースモデル（Individual Based Models: IBMs)を改良し，流速・水深等の物理環境情報を用いて野生動物の行動を予測する手法
・適用事例：信濃川水系千曲川の降下期直前のアユ行動を2週間追跡し，その行動を再現．

(2) ATSと野生動物行動予測手法の土木事業への利用

・野生動物行動予測モデルの蓄積，実用性の向上
・土木事業による野生動物の行動変化の予測，土木事業の施工方法再検討への情報提供

(3) 普及化へ向けた体制の整備・導入方法

・ATS普及化コンソーシアムの設立準備
・ATS普及化コンソーシアムのメンバーによる現地導入指導（当面は，土木研究所が指導）
・機器導入に関してはリース等の貸与を検討している．機器の直接経費は，新規購入の場合，150万～200万程度で予定