

ヤンバルクイナロードキル回避システムにおける 車両検出センサーの特性評価

○藏屋英介^{A)}、塚原正俊^{B)}、中村大助^{B)}、豊里友彦^{C)}、小橋川 健^{C)}、
金城道男^{D)}、仲地 学^{D)}、外村浩幸^{D)}

^{A)}沖縄工業高等専門学校、^{B)}トロピカルテクノセンター

^{C)}大和コンクリート㈱、^{D)}NPO どうぶつたちの病院

概要

沖縄本島ヤンバル地域の固有種であり、特別天然記念物でもあるヤンバルクイナは、1981年の発見当初から個体数が少なくその後も激減し絶滅の危機にある。特に近年では、交通事故による「ロードキル」が個体数の減少に拍車をかけ、その対策が緊急の課題となっている。本研究では、これまでの設備と異なる「ヤンバルクイナに走行車の接近を事前に知らせるシステム」を考案し、その有効性の検証を行ってきた。車両検出用センサーとしてドップラーセンサーを使用し、回路構成を大幅に改善することにより、日照等の影響を受けず 60km/h 以上で走行する車両を検知することができた。また、車両検出用センサーの特性評価試験により車両の検知率を大幅に改善できることが明らかとなった。

1 緒言

沖縄本島ヤンバル地域の固有種であり、特別天然記念物でもあるヤンバルクイナは、1981年の発見当初から個体数が少なくその後も激減し絶滅の危機にある。1985年、環境庁（当時）の生息状況調査では約 1800羽と推定されたが、その後の山階鳥類研究所によれば、生息個体数は 2000年には約 1220羽と、15年で3割減ったとされ、現在では1千羽を超えないのではないかという調査結果もある。個体数減少の要因は、ヤンバルクイナを捕食するマングースや野生化したノネコの生息域の拡大などがあげられるが、その他にも交通事故による「ロードキル」があげられる。2007年には21羽が、2008年も16羽が交通事故の犠牲になっている。記録が始まった1998年以降、11年間で交通事故による事故死は80羽を超え、この対策が緊急の課題である。これまで国や地方自治体の取り組みにより、ロードキル対策としてフェンスの設置や運転者への注意喚起などの施策がこれまでに実施されているが、費用や効果などの点でそれぞれ課題を有し、単一の対策のみによる抜本的改善は難しい状況である。これらの問題を解決するために、著者らは、ロードキルの発生状況などのデータを検証した結果、これまでの設備と異なる「ヤンバルクイナに走行車の接近を事前に知らせるシステム」を考案し、こ

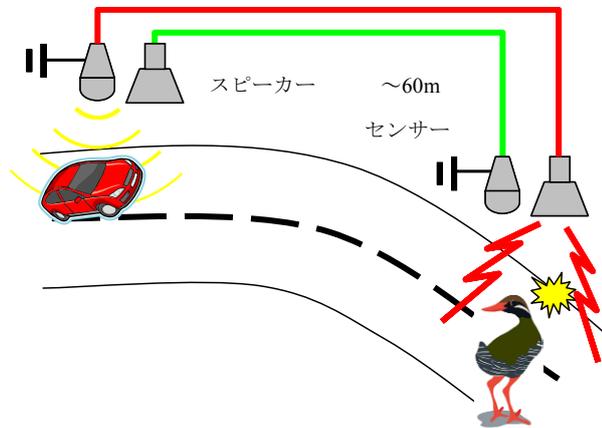


図1 ヤンバルクイナロードキル回避システムの概念図

の有効性の検証を行ってきた。⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾ 本システムは、図1に示すように、警告音により一定距離離れた走行車の接近を事前にヤンバルクイナへ注意喚起するシステムで、車の走行音を警告音とした場合には、ヤンバルクイナが敏感に反応し、道路際より逃げ出す様子が観察された。本研究では、これまで取り組んできた「ヤンバルクイナロードキル回避システム」の開発状況と走行車両検出センサーの特性について評価、検討を行ったので報告する。

2 ヤンバルクイナと交通事故による「ロードキル」

特別天然記念物でもあるヤンバルクイナ（ツル目クイナ科 *Gallirallus Okinawae*）は、図1に示す“やんばる（山原）”と呼ばれる沖縄本島の北部地域の森林に生息している。1981年の発見当初から個体数が少なくその後も激減し絶滅の危機にある。1985年、環境庁（当時）の生息状況調査では約1800羽と推定されたが、その後の山階鳥類研究所によれば、生息個体数は2000年には約1220羽と、15年で3割減ったとされ、現在では1千羽を超えないのではないかという調査結果もある。ヤンバルクイナは、飛翔力がなく地上で活動するため、ヤンバルクイナを捕食するマングースや野生化したノネコの生息域の拡大などによって個体数減少の大きな要因となっている。その他にも個体数減少の要因として、交通事故による「ロードキル」があげられる。図3に2007年に発生したヤンバルクイナの交通事故の発生地点を示す。ヤンバルクイナの交通事故は、おもに県道2号線、県道70号線沿線と国道58号線の奥地区で発生しており、特に沖縄県国頭村安田から楚州に向かう県道70号線沿線では、早朝や夕方には多くのヤンバルクイナが路上に現れ、カーブや茂みが多く見通しが悪いためこの区間での交通事故が集中している。（社）沖縄建設弘済会の調査によれば、県道70号線の8kmポストから11kmポストにかけてヤンバルクイナの道路出現が集中している。⁽⁵⁾ 図4に2000年からのヤンバルクイナの交通事故の発生件数を示す。2007年には21羽が、2008年も16羽が交通事故の犠牲になっている。これまでロードキル対策としてフェンスの設置や運転者への注意喚起などの施策がこれまでに実施されてはいるが、2009年も事故の発生件数は19件に達し、一向に減る傾向が見られない。安田から楚州に向かう県道70号線のこの区間は、私有地への側道や旧道の跡地も多く、これまでのロードキル対策では限界があると考えられる。ヤンバルクイナの交通事故は、捕食活動が活発となる繁殖期の3月ごろから増え始め、観光シーズンを迎える5月から7月にかけて多発する。特に5月末から6月末にかけて路上への出現が非常に多くなり、定点観測の調査結果では、多いときに一日に99個体が確認されている。⁽⁵⁾ 最近では、各団体や地区の保護活動の取り組み



図2 ヤンバルクイナの生息域



図3 交通事故の発生地点（2007年）

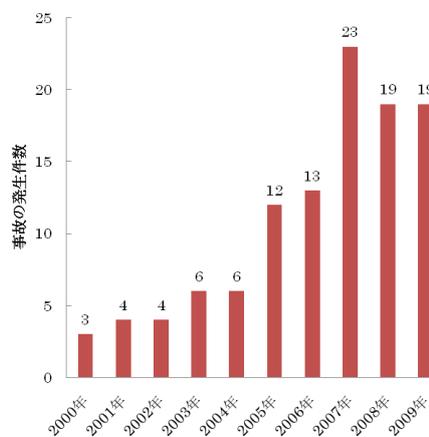


図4 交通事故の発生件数
事故の発生件数19件のうち死亡16件

で事故にあったヤンバルクイナが保護されるケースも増えてはいるが、それでも昨年は、16羽のヤンバルクイナが犠牲になった。記録が始まった1998年以降、11年間で交通事故による事故死は80羽を超え、ヤンバルクイナの「ロードキル」対策が緊急の課題である。本研究の取り組みは、ヤンバルクイナの出現多発地帯において走行車を自動的に検知し、一定距離離れた出現個所で警告音を発するシステムの開発を行おうとするものである。

3 ヤンバルクイナロードキル回避システムの開発

ヤンバルクイナの「ロードキル」問題を解決するために、NPO どうぶつたちの病院、大和コンクリート工業(株)ならびに(株)トロピカルテクノセンターの三者は2007年夏よりヤンバルクイナ保護に関するミーティングを重ねヤンバルクイナ保護対策テクニカルチーム **Y917.net** (ヤンバルクイナドットネット) を立ち上げた。様々な保護対策に関する取り組みについて検討を重ね、これまでの設備と異なる「ヤンバルクイナに走行車の接近を事前に知らせるシステム」を考案し、この有効性の検証を行ってきた。

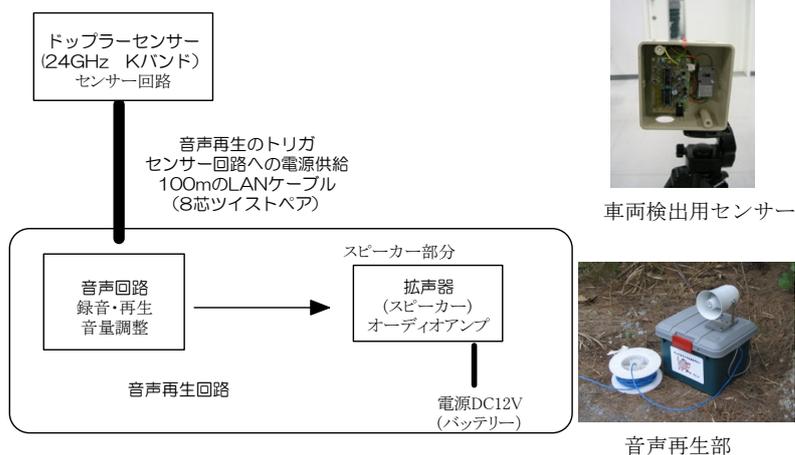


図5 ロードキル回避システムの回路ブロック図

本システムは、図1に示すように、警告音により一定距離離れた走行車の接近を事前にヤンバルクイナへ注意喚起するシステムで、警告音によってはヤンバルクイナが敏感に反応し、道路際より逃げ出す様子が観察された。しかしながら、第一世代のシステムは、自動車の検知に赤外線センサーを使用しているために、車速や日照条件等に大きく左右され実用的なシステムの開発までには至らなかった。著者は、2008年夏より **Y917.net** テクニカルチームに参画し、第一世代のシステムの基本概念を継承し、実用可能なシステムの開発を行った。ヤンバルクイナが多数出現する県道70号線における乗用車の平均速度：49.68km/h、最高速度：98km/hという調査結果⁽⁵⁾を受け、第二世代のロードキル回避システムでは、赤外線センサーの問題点を解決すべく、図5に示す24GHz帯のドップラーセンサー(新日本無線NJR4251J)を車両の検知に使用することとした。このセンサーは、モジュール単体で技術適合認証を受けており、そのまま屋外での使用が可能となっている。センサーの出力についても、電波のドップラー効果によって発生するドップラー周波数をIF信号として出力するため、回路構成を簡単にできる利点がある。また、ドップラーセンサーは、電波のドップラー効果を利用しているため、日照等の影響を受けず、また、移動速度が大きいほど大きな出力が得られるという利点もある。さらに本システムでは、センサーと音声再生部間を最大200mとしても正常に動作するように新たに音声再生回路ならびに音声増幅アンプ回路を設計し、音声再生へのトリガー信号もLANケーブル(ツイストペアケーブル)を使用するなどノイズに強い回路構成としたほか、超音波センサーや赤外線センサーなど他のセンサーからのトリガー信号にも対応できる構成とした。実地調査を行う前準備として、沖縄高専の学内において動作試験を行ったところ、電波の照射方向の調整が必要ではあったものの60km/h以上でも動作し、ケーブルを200mに延長しても問題なく動作し、第一世代のシステムにおける問題点を大幅に改善することができた。

4 走行車両検出用センサーの特性評価試験

4.1 沖縄高専周辺道路における走行車両検出用センサーの特性評価試験

走行車両検出用センサーとしてドップラーセンサーを使用した場合、電波の照射角度、センサーの設置位置や高さにより正常に車両を検知できないことが予備試験から明らかとなっていたため、ヤンバルクイナの生息域での実地試験の前に走行車両検出用センサーの特性評価試験として、沖縄高専周辺道路において図 6 に示すような試験を行った。

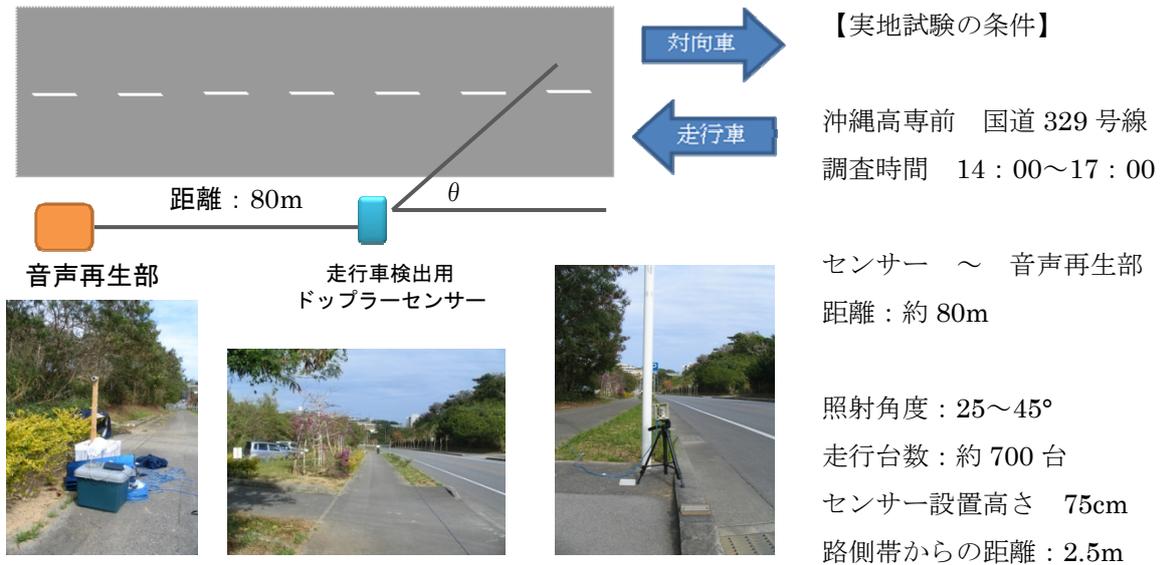


図 6 走行車検出用センサーの実地における特性評価試験

沖縄高専の周辺道路での実地試験として、沖縄高専前の国道 329 号沿線で日中の比較的交通量の少ない 14:00~17:00 の時間帯に行った。実験開始から終了までの間、通過した車両は 700 台ほどとなった。ヤンバルクイナが出現する場所に設置することを念頭におき、ロードキル回避システムのコントロール装置（音声再生部）と約 80m 離れたところに車両感知センサーを設置した。センサーの設置高さは 75cm、路側帯からの距離は、走行車両に影響を与えないよう 2.5m とした。センサーの特性評価として照射角度 θ を 25° ~ 45° と変化させ正常動作の割合を測定した。また、対向車線を走行する車両に対しての応答については 30min あたりに検知した台数を記録した。

図 7 に走行検出用センサーの照射角度に対する正常に動作した割合を示す。照射角度 θ を 25° とした場合、正常動作の割合は、25%程度と低い値となったが、照射角度 θ を 30° 以上とすることで正常動作の割合は上昇し、照射角度 45° でほぼ 100%の割合で通行車両を検知することが明らかとなった。一方、図 8 に示すように走行車両検出用センサーの照射角度に対する対向車線の車両検知数も照射角度 θ を 25° では 2 台程度であったのに対し、照射角度 θ を大きくとることによって検知数も増え照射角度 40° では、11 台に達した。しかしながら、照射角度 45° では対向車線の検知車両は大幅に減少して 3 台程度となり、検知した車種もそのほとんどが、大型バスや大型トラックなど送信電波

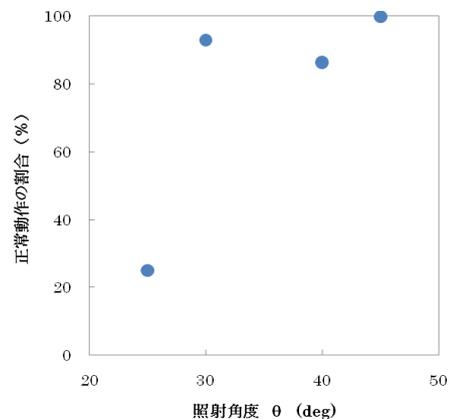


図 7 走行車検出用センサーの照射角度と正常に動作した割合

の反射効率の良い車種に限定される結果となった。以上のように、沖縄高専周辺道路において走行車両検出用センサーの特性評価試験を行った結果、大型の対向車両に一部反応してしまうものの照射角度の調整により大幅に正常動作の割合を高め、対向車両への誤動作も大幅に改善できることが明らかとなった。

4.2 ヤンバルクイナの生息域における実地試験

沖縄県国頭村安田から楚州に向かう県道 70 号線沿線は、早朝や夕方には多くのヤンバルクイナが路上に現れ、カーブや茂みが多く見通しが悪いために交通事故も絶えない。またこの区間は、私有地への側道や旧道の跡地も多く、県道 70 号線 10km ポスト付近にヤンバルクイナの交通事故が集中している。本研究では、沖縄高専周辺道路における車両検出用センサーの特性評価試験の結果を受け、ヤンバルクイナの生息域において実地試験を行った。実地試験は、2008 年 12 月 26～27 日の 2 日間ならびに、2009 年 5 月 30 日～6 月 5 日の 7 日間にわたり、ヤンバルクイナが道路に多数出没する地域（沖縄県国頭村安田 県道 74 号線）で行った。システムの設置は本設置を念頭におき、センサーと音声再生部の距離は約 90m とした。12 月の試験では、調査時間をヤンバルクイナの出現する時間帯に合わせ夕刻 16:00～18:00 と早朝 6:00～10:00 として行った。当日は、気温も低く風も非常に強かったためヤンバルクイナこそ出現しなかったものの、周囲からしきりにヤンバルクイナの鳴き声が聞こえ本設置さながらの試験となった。

5 月の試験では、ヤンバルクイナが頻繁に出現するポイント 2 か所に 1 台ずつ設置し、7 日間の実地試験によりシステムの稼働状況について調査を行った。その時の様子を図 9～図 11 に示す。沖縄高専周辺道路での試験結果を受け、センサーは、照射角 45°、高さ 65cm、路側帯より 2m の位置となるように設置した。いずれの試験においても第一世代のシステムで問題となった日照条件にも影響を受けず、60km/h 以上で走行する車両も検知することができたが、センターラインを大幅に逸脱した車両やバイクといった小型の車両に反応しないことも多く、また風により揺れる周囲の樹木にも反応してしまうなどの問題も見られた。特に 5 月の試験では、センサー周辺に飛来するハエや、センサー部にクモやアリが取り付き誤作動を起こすなど自然環境下での新たな問題が見出された。しかしながら、ロードキル回避システムの設置

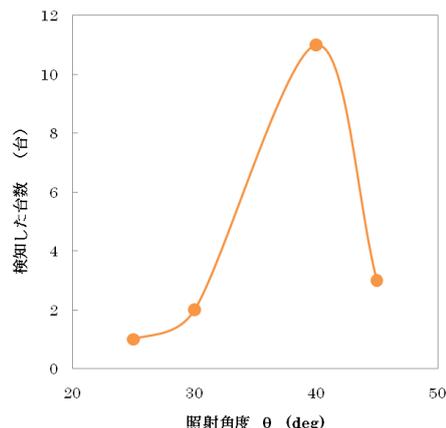


図 8 走行車検出用センサーの照射角度と対向車線の車両検知数



図 9 沖縄県国頭村安田での実地試験（車両検出センサーの設置）



図 10 車両検出センサー



図 11 コントロール装置（音声再生）

によりヤンバルクイナの路上への出現が著しく抑えられるという結果が得られたことから、本システムの効果が今後大いに期待される。

5 まとめ

本研究では、これまでの設備と異なる「ヤンバルクイナに走行車の接近を事前に知らせるシステム」を考案し、この有効性の検証を行ってきた。本システムでは、警告音により一定距離離れた走行車の接近を事前にヤンバルクイナへ注意喚起するシステムで、車の走行音を警告音とした場合には、ヤンバルクイナが敏感に反応し、道路際より逃げ出す様子が観察された。ヤンバルクイナが多数出現する県道 70 号線における車両の走行速度を考慮し 24GHz 帯のドップラーセンサー（新日本無線 NJR4251J）を車両の検知に使用することとした。さらに本システムでは、センサーと音声再生部間を最大 200m としても正常に動作するように新たに音声再生回路ならびに音声増幅アンプ回路を設計し、音声再生へのトリガー信号も LAN ケーブル（ツイストペアケーブル）を使用するなどノイズに強い回路構成としたほか、超音波センサーや赤外線センサーなど他のセンサーからのトリガー信号にも対応できる構成とした。

走行車両検出用センサーの特性評価試験として、沖縄高専周辺道路において実地試験を行った。センサーの設置高さ 75cm、路側帯からの距離 2.5m、照射角度 45° でほぼ 100%の割合で通行車両を検知することが明らかとなった。対向車線の車両検知数も照射角度 45° で検知車両は大幅に減少し検知した車種もそのほとんどが、大型バスや大型トラックなど送信電波の反射効率の良い車種に限定される結果となった。

本研究では、沖縄高専周辺道路における車両検出用センサーの特性評価試験の結果を受け、ヤンバルクイナの生息域において本設置を念頭に置いて実地試験を行った。2回にわたる実地試験において日照条件にも影響を受けず、60km/h 以上で走行する車両も検知することができたが、センターラインを大幅に逸脱した車両やバイクといった小型の車両に反応しないことも多く、また風により揺れる周囲の樹木にも反応してしまうなどの自然環境での問題も見られた。本研究で開発したロードキル回避システムの設置によりヤンバルクイナの路上への出現が著しく抑えられるという結果が得られたことから、本システムの効果が大きいに期待された。

2009 年は、6 月までに 18 羽が交通事故に遭うなど過去最悪のペースで推移するなど「ロードキル」によるヤンバルクイナの個体数減少に歯止めをかけられている状況ではないが、本システムの確実な動作、安定稼働によってヤンバルクイナの輪禍の問題を解決したい。

なお、本研究は平成 21 年度(社)沖縄建設弘済会 NPO 等活動支援事業の一部ならびに平成 21 年度科学研究費補助金(奨励研究)の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] 琉球新報, 「クイナ保護システム～マイクロ波で輪禍防止～」, 平成 20 年 10 月 23 日
- [2] 藏屋英介他, “ヤンバルクイナのロードキル回避システムの開発”, 平成 20 年度京都大学総合技術研究会報告集,平成 21 年 3 月
- [3] 藏屋英介他, “ヤンバルクイナのロードキル回避システムの開発～第 2 報～”, 平成 21 年度九州・沖縄地区技術研究会 in 熊本大学,平成 21 年 9 月
- [4] 藏屋英介他, “ヤンバルクイナのロードキル回避システムに連動した自動画像録画装置の開発”, 平成 21 年度九州・沖縄地区技術研究会 in 熊本大学,平成 21 年 9 月
- [5] 平成 21 年技術環境研究所研究発表会報告集、川上新 “ヤンバルクイナの道路出現状況に関する調査・研究”、(社) 沖縄建設弘済会
- [6] 新日本無線 NJR4251J K-Doppler Module_NJR4251J/データシート