

Learning from errors in a driving simulation: effects on driving skill and self-confidence

Karolina Ivancic and Beryl Hesketh

1. Introduction

- 近年の交通安全の目的：交通事故の減少，運転者の態度の向上
 - ✓ メディアを用いたトレーニングの長期的な効果：注目を集める

- これまでのドライビングトレーニングに関する研究
 - ✓ 安全に対する意識や，スキルの改善に対する効果には疑問
 - ◇ Lund and Williams(1985)：効果的ではない
 - ◇ Hall and West(1996)：informal な状況のレッスンが重視される傾向にある（現実ではほとんど遭遇しないような状況に対する訓練が多々行われている）
 - ◇ Katila ら(1996)：特定のトレーニングはあまり効果がない（例．滑る訓練）

- 適応的なドライビングスキルの重要性
 - ✓ トレーニングで全ての状況を学習することは不可能
 - ◇ 運転手：自分の持っている技術を異なる状況へ適応させる能力が必要
 - ⇒analogical transfer, adaptive transfer, エラーという観点から検討

1.1 Analogical transfer

- 類推的転移
 - ✓ よく知った問題を同タイプの問題に適用（見た目は違っていても同じ解法で解ける問題）
 - ◇ positive transfer
 - 類似する問題に，知っている問題のルールや方略をうまく適用することができる時に生じる
 - 例．アメリカ（右車線を走行）で訓練された運転手は，イギリスやオーストラリア（左車線を走行）でも多くの技術を転移可能
 - ⇒共通の構造を有しているから
 - ◇ negative transfer
 - 類似する問題に，知っている問題のルールや方略をうまく適用できない時に生じる
 - 原因：表層的な特徴は類似しているが，構造が異なるため
 - 例．ブレーキ
 - ◇ 昔：ポンピングブレーキ（踏力を一定にせず，足ポンプで空気を入れる要領で何度も踏んだり離したりするブレーキの踏み方）
 - ◇ 今：一気に踏む（ABS:Antilock Brake System）
 - ⇒機械的な構造が異なっている

- positive transfer を促進し, negative transfer を防ぐには?
 - ✓ 共通の構造を保持し, 表面的な違いを除いた, 抽象的なルール, スキーマを発達させる
⇒トレーニング時にエラーに遭遇することが, このプロセスを促進する可能性(Frese 1995)
 - ✓ エラー
 - ◇ 予期できない出来事であり, さらなる学習への動機となりうる(Kulhavy 1977)
 - 運転における例
 - バックで駐車しようとしたら, 縁石にぶつけてしまった (negative feedback). すると, 次にはもっと慎重にしようということや, 横方向の距離の制限について考える
⇒negative feedback がきっかけとなり, ユーザが現在持っている抽象的なスキーマが改善される
- 似た問題とその解法の想起が促進されることで類推的転移を促進
 - ✓ エラーの繰り返しを回避するだけでなく, 現在のエラーに対応できる
 - ◇ 運転における例
 - 運転中前方に障害物を発見すると, 似たような障害物があった時のことを思い出す

1.2 Adaptive transfer

- 自身の持っている知識を変化させ使用することや, 全く新しい問題に対する解法の生成(Smith et al. 1997)
 - ✓ ドライビングにおける例
 - ◇ ドライコンディションでの運転しかしたことがない運転手が, 雪道での運転を行う時
⇒滑りに対してどう対応するのか等, 新しいスキルを発達させなければいけない
- 適応的転移を成功させるには?
 - ✓ 課題の基礎をなす規則の理解だけではなく, メタ認知スキルの発達(例. プランニング, モニタリング, 評価等)が必要(Salomon and Perkins,1989)
 - ◇ メタ認知スキル
 - 学習者にタスクの違いを気付かせ, 解法の手続きを変化させ, その解法の有効性を評価させることが可能
- メタ認知スキルを発達させるには?
 - ✓ エラーがきっかけとなりうる
 - ◇ エラー: 学習者は, 起こった問題に対し立ち止まってよく考え, 解法を生み出す必要がある
 - これらの活動は, 非常に多くの注意を必要とする(Arnold and Roe, 1987, Sweller et al. 1998)が, 自分自身で新しい問題を解決することが, 適応的な熟達を促進する(Gick and McGarry, 1992)
 - 自分自身で正しい解法を見つけれられないとき: 関連するルール, 規則等のフィードバックが効果的(Needham and Begg, 1991)

- ・ ドライビングにおける重要な要素
 - ✓ スキル・知識だけではなく、自己のスキルに対する認識・危険を察知する能力も重要
 - ◇ より現実的な自己評価ができる能力の促進が必要
 - ⇒エラー：動機的に重要なものであり、過信を防ぐ助けになるだろう

1.3 Driver confidence

- ・ 一般的な傾向として、運転手は自分自身が平均レベルの運転手よりも技術がある（安全だ）と認識（Svenson 1981, Sivak et al, 1989...）
 - ⇒これらの調査方法には批判もある（Groeger and Brown, 1989, Walton and Bathurst 1998）が、観察者による評価によると、実際のドライビングスキル（観察者の評価）と自身の評価には開きがある（Groeger and Grande 1996, Hall and West, 1996...）
- ・ 若い運転手：経験の不足から正確に評価できない
 - ✓ ドライビングトレーニング：一定の状況（かつ簡単な状況）の基で訓練が行われることで、過信を招く（Katila et al. 1996）
 - ⇒エラーを用い、過信を防ぐ方法が必要

1.4 Presenting errors in driving training

- ・ error を用いた 2 種類のトレーニング方法
 - ✓ error training(Frese and Altman, 1989, Frese, 1995)
 - ◇ 課題に対する情報を、探索・仮説検証・試行錯誤により習得する
 - ◇ 学習者：エラーに対するフィードバックを十分に活用するように求められる
 - コンピュータを対象とした実験において、適応的能力の促進を確認(Frese et al. 1988, Dormann and Frese 1994)
 - ◇ 欠点
 - 非体系的：人によりエラーを犯す箇所、数が異なる
 - エラーに気付かないことがある
 - ✓ guided error training
 - ◇ 重要なエラーとエラーに対する解法を提示する方法(Ivansac and Hesketh 1995/1996)
 - 体系的にエラーを提示可能
 - 類推的転移の為の抽象的ルール、スキーマ生成を助ける
 - ◇ 欠点
 - error training に対し、メタ認知的能力は形成されにくい
 - 自分自身がエラーを体験する訳ではないので、過信に対しては弱い

本研究の目的：より運動的な課題である、運転でも error training の有効性が確認されるのかを検討

- ・ 本研究の仮説

- (1)error training 条件, guided error training 条件は, errorless 条件と比較し, 類推的転移を促進
- (2)error training 条件は, 適応的転移を促進
- (3)error training 条件は, guided error training 条件と比較し, より過信をなくす

2. Experiment1

2.1 Method

2.1.1 Participants

- ・ 2条件各 22名が参加
 - ✓ error training 条件: 男性 5名, 女性 17名, 平均年齢 20.18歳
 - ✓ errorless training 条件: 男性 6名, 女性 16名, 平均年齢 20.38歳
- ・ 事前アンケート
 - ✓ 運転歴, 運転頻度, ドライビングシミュレータの使用経験を取得
⇒共変量として使用

共変量って?

肥満児の体重を減らすための運動方法が, 運動量にどんな効果を及ぼすかということを想定するとします. このとき, 肥満児の体重という変量も影響していると考えられます. この体重という変量の事を共変量という.

2.1.2 Materials

- ・ 使用機器: Stisim Model 100 ドライビングシミュレータを使用
 - ✓ ハンドル, アクセル, ブレーキを操作



注) イメージであり, 実際の機器ではありません

2.1.2.1 Test

- ・ 転移テスト
 - ✓ 4.8kmの道のりをドライビングシミュレータで運転
 - ◇ 目標: エラーなしでのドライビング
 - 衝突や, 警察につかまらないように運転 (信号無視, 衝突をしないこと)
 - ◇ テスト内容: 6つのキーイベント (表 1)
 - 5つ: 類推的転移(analogical transfer)
 - 表層的な特徴は異なるが, 同じ方略で解けるもの
 - 例 'oncoming vehicle'
 - ◇ 左レーンが, 停止した歩行者でふさがれており, 対向車がやってくる
 - 運転者: 速度をゆるめ, 対向車を行かせて, 右レーンを使用し通過
 - 同様のイベント (3レーンの道路で, 1レーンが荷物でふさがっている)をトレーニングで経験

- 1つ：適応的転移(adaptive transfer)
 - 表層的な特徴は似ているが、異なる方略で解かなければならないもの
 - 例 ‘vehicles behind’
 - ◇ 左レーンがコンクリートブロックでふさがれている（表層的な特徴）。しかし、このテストは、対向車ではなく、後ろから車がやってくる
 - ⇒異なる方略（後方確認をし、右レーンから追い越し）を取る必要がある

2.1.2.2 Training

- ・ 練習走行
 - ✓ 3.5km の道を 2 つ走行
 - ◇ 運転者はハンドル、アクセル、ブレーキを操作
 - ◇ 走行道路：2レーン→3レーンへ
 - ✓ シミュレータ：データを取得
 - ◇ どれくらい正確に直線を走行できるか：the heading error
 - ◇ どれくらい正確にカーブを走行できるか：the curvature error
 - ⇒分析時の共変量として使用

- ・ トレーニング
 - ✓ 5つのキーイベント（先述）を含む道路を走行
 - ◇ 運転者はハンドル、アクセル、ブレーキを操作
 - ◇ 走行道路：3レーン
 - ✓ 実験条件
 - ◇ error training 条件
 - エラーを犯すと、衝突や警察官にチケットを切られる
 - 例. 赤信号で通過すると、サイレンが鳴ってチケットを切られる
 - ◇ errorless training 条件
 - エラーを犯しても何も起こらない
 - 例. 赤信号で通過しても警察は登場しない
 - エラーに追従するイベントがないために errorless 条件は早く終了してしまうので、トレーニングの初めと最後それぞれの距離を 200m 延長
 - ⇒結果トレーニング時間は両条件同程度に（両条件約 4 分, $t(41)=-.050$, $p=0.31$)

- ・ 確信度評定
 - ✓ トレーニング後、テスト後に、ドライビングの確信度に関する 3 つの質問に回答
 - ◇ 例. どれくらいエラーをおこすことなくドライブできたと思いますか?, このドライビングシミュレータでどれくらいうまく学習できたと思いますか?

2.1.3 Procedure

- ・ 実験は個別に行われた
 - ✓ 手続き：実験時間は約 45 分
 - ◇ ドライビングシミュレータの操作説明，練習
 - ◇ トレーニング
 - ◇ アンケート 1（トレーニングに対する確信度）
 - ◇ 転移テスト
 - ◇ アンケート 2（転移テストに対する確信度）
 - ◇ アンケート（運転歴，運転ゲームの経験など）

2.2 Results

- ・ 結果の前に
 - ✓ ‘merge left’, ‘speed zone’ イベントについては，非常にエラーが少なかったために，以降除外
 - ✓ 共変量を基に，調整をした上で分析を行っているが，どのように調整したのかは謎（未記述）

2.2.1 Driving performance

- ・ 転移テストにおけるエラーの分析
 - ✓ 結果
 - ◇ analogical transfer test 全体のエラー数
 - error training 条件が，有意にエラーが少ない ($t(42) = -2.36, p < .01$)
 - ◇ analogical transfer test の各テストにおけるエラー数：図 1
 - 条件間に差は認められず
 - Oncoming vehicles ($\chi^2(1,44)=0.09, p =0.76$)
 - Traffic signals ($\chi^2(1,44)=2.62, p =0.11$)
 - Blind curve ($\chi^2(1,44)=2.72, p =0.10$)
 - ◇ analogical transfer test おけるイベントの直前 0m~150m までの速度の分析(2×3 の分散分析か?)：図 2
 - Oncoming vehicles, Traffic signals
 - error training 条件は，errorless training 条件よりも，有意に速度が遅い(Oncoming vehicles : $F(1,42)=5.17, p < 0.05$, Traffic signals : $F(1,42)=4.08, p = 0.05$)
 - Blind curve
 - error training 条件は，速度がゆっくりな傾向があった（有意ではないが...）($F(1,42)=10.65, p > 0.05$)

◇ adaptive transfer test(Vehicle behind)におけるエラー数：図 1

- 条件間に差は認められず
 - vehicles behind($\chi^2(1,44)=2.46, p=0.12$)

◇ adaptive transfer test おけるイベントの直前 0m~150m までの速度の分析：図 2

- error training 条件は, errorless training 条件よりも, 有意に速度が遅い($F(1,42)=10.65, p < .05$)
 - 特に直前 50m の違いが顕著

・ error training 条件は error から学んだのだろうか?

- ✓ トレーニング時におけるエラー数と転移テスト時におけるエラー数の総数に正の相関($r=0.64, p = 0.06$)
⇒トレーニング時にエラーをする人は, 転移テスト時にもエラーをおこしやすい
- ✓ 個々のイベントにおいて分析を行うと, トレーニング時におけるエラー数と転移テスト時におけるエラー数 (関連するイベント間におけるエラー数) に相関は認められなかった($p > 0.05$)
⇒エラーを繰り返す傾向はなかった

2.2.2 Strategies recalled

・ エラーを回避するための方略の記述の分析

- ✓ 全体の 4 分の 1 ($n=11$) をランダムに評定
 - ◇ 評定者は独立で評定し, 評定者間一致率は 0.96

・ 結果

- ✓ 条件間に差はみられず (両条件平均 2.91 error 条件:SD=0.87, errorless 条件:SD=1.19)

2.2.3 Confidence

・ 2 (条件:error, errorless) × 2 (時間:training, test) の分散分析 (?) の結果：図 3

- ✓ 条件と時間の交互作用が有意
 - ◇ トレーニング後の評定
 - error training 条件は, errorless 条件よりも低い評定
 - ◇ トレーニング後の評定と転移テスト後の評定を比較すると・・・
 - error 条件はトレーニング後と同程度 (減少しない)
 - errorless 条件は評定が下がる

結果：error training 条件は確信度が保たれる

2.3 Discussion

- ・ 実験 1 の結果：仮説に一致
 - error training 条件
 - ◇ 転移テスト
 - 少ないエラー，適切な速度での走行
 - ◇ 確信度
 - 転移テスト後の確信度は安定している：過信を防ぐ
- ・ 次に実験 2 では，errorless training と guided error training を検討

3. Experiment2

3.1 Method

3.1.1 Participants

- ・ 2 条件各 16 名が参加
 - ✓ guided error training 条件：男性 3 名，女性 13 名，平均年齢 20.56 歳
 - ✓ errorless training 条件：男性 4 名，女性 12 名，平均年齢 20.38 歳

3.1.2 Procedure

- ・ 手続きは実験 1 と同様
 - ✓ 相違点：トレーニングの変わりにビデオを視聴
 - ◇ ビデオの内容
 - errorless ビデオ：正しい方略を用い，エラーなしで走行
 - error ビデオ：エラーが起こる（衝突，警察の登場）
⇒ビデオの時間は双方共に 3 分 40 秒程度
 - ✓ 実験条件
 - ◇ guided error training 条件
 - 初め：error ビデオを視聴
 - 2 回目：errorless ビデオを視聴
 - ◇ errorless learning 条件
 - 2 回とも errorless ビデオ視聴

3.2 Results

3.2.1 Driving performance

- ・ analogical transfer test におけるエラー数
 - ✓ 全体の結果
 - ◇ 有意差は認められなかったが，guided error training 条件は，errorless training 条件よりもエラーが少なかった
 - guided error training 条件：平均 1.50(SD=0.89)
 - errorless training 条件：平均 1.75(SD=0.22)

- ✓ 個々のテストの分析：図 4
 - ◇ χ^2 検定の結果、有意差は認められず
 - 唯一 traffic signal において、guided error training 条件はエラーが少ない傾向にあった($\chi^2(1, N=32)=3.17, p = 0.07$)

- analogical transfer test における速度の分析

- ✓ traffic signal の結果(2×3 の分散分析か)
 - ◇ 主効果、交互作用が認められ、guided error training 条件は、errorless training 条件よりも有意に速度が遅かった
 - 特に 50m 地点が顕著($F(1,30)=4.87, p < .01$)

- adaptive transfer test

- ✓ エラー数、速度のどちらにおいても有意差は認められず

3.2.2 Strategy recalled

- エラーを回避するための方略の記述の分析

- ✓ 全体の 4 分の 1 (n=8) をランダムに評定
 - ◇ 評定者は独立で評定し、評定者間一致率は 0.97

- 結果

- ✓ 条件間に差はみられず (guided error training 条件:平均 3.31(SD=1.30), errorless 条件:平均 3.50(SD=0.82))

3.2.3 Confidence

- 2 (条件:error, errorless) × 2 (時間:training, test) の分散分析 (?) の結果：図 6

- ✓ 時間の主効果が有意($F(1,31)=52.34, p < 0.05$)
 - ◇ 両条件で、training から転移テストにかけて確信度が減少

3.3 Discussion

- 実験結果

- ✓ traffic signal においてのみ、guided error training の有効性を確認
 - ⇒原因は?
 - 両条件ともに、正しい方略を示すビデオを見ていたため

- adaptive transfer test

- ✓ ビデオには、正しい方略がのっていないチャレンジングな問題
- ✓ 結果：条件間に差はなし
 - ⇒適応的転移には、適切なまたは、能動的な処理が必要なのではないか

4. General discussion and conclusions

- 本研究：2種類の error training の効果を検討

- ✓ 仮説 1：active error training, guided error training は, errorless training と比較し, analogical transfer が促進される

- ◇ 結果

- 実験 1：error training
 - analogical transfer 問題でエラーが少ない
 - より安全な速度での運転
- 実験 2：guided error training
 - traffic signal 課題においてのみ差が見られた
 - ⇒どちらのビデオにおいても正しい方略が見ることができたことが原因か

仮説 1 に対する結果のまとめ：自身によるエラーも、ビデオによる直接教授もどちらも analogical transfer の促進に有効

- ✓ 仮説 2：能動的な処理が、新しい解法が必要とされる状況に対して重要（error training 条件は、適応的転移を促進）

- ◇ 結果

- 実験 1：error training 条件は、errorless 条件と比較し、少ない衝突（有意ではありませんでしたが...）であり、適応的転移テストで、有意に遅く走行
 - ⇒遅い走行＝より衝突を避けやすくなる＝効果的
- 実験 2：guided error training 条件、errorless 条件間に成績の差は認められず

仮説 2 に対する結果のまとめ：能動的な処理が適応的転移に必要であるという仮説を確認

- ✓ 仮説 3：error training 条件は guided error training 条件に対し、より効果的に過信を防ぐ

- ◇ 結果

- 実験 1
 - トレーニング後：error training 条件は、errorless training 条件よりも確信度が低い
- 実験 2
 - トレーニング後：guided error training 条件と errorless training 条件の確信度の違いは認められず

仮説 3 に対する結果のまとめ：仮説を確認

・ 終わりに

✓ 本研究

◇ シミュレータを用いたドライビングトレーニングを検討

- error training, guided training における類推的転移の促進
- 能動的学習(error training)による適応的転移の促進の可能性を示唆

◇ 今後に向けて

- error training の特徴である、フィードバック、能動的処理という観点から、さらなる検討が必要だよね

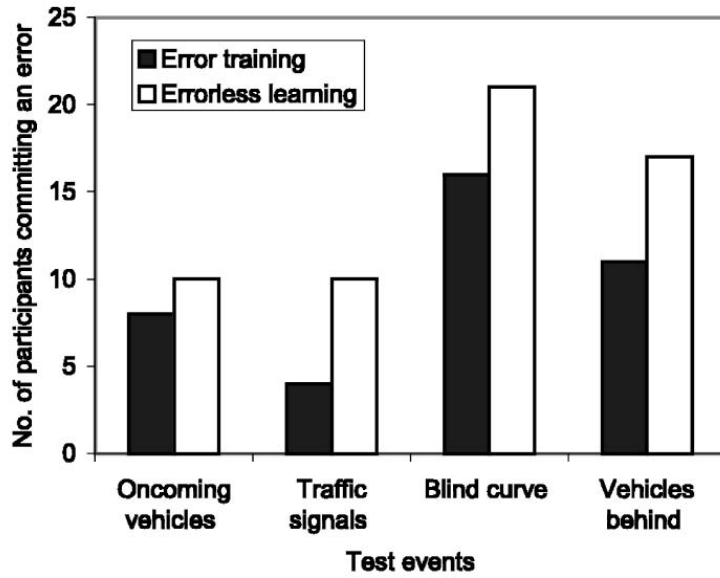


Figure 1. Number of participants committing an error on each test event (Experiment 1).

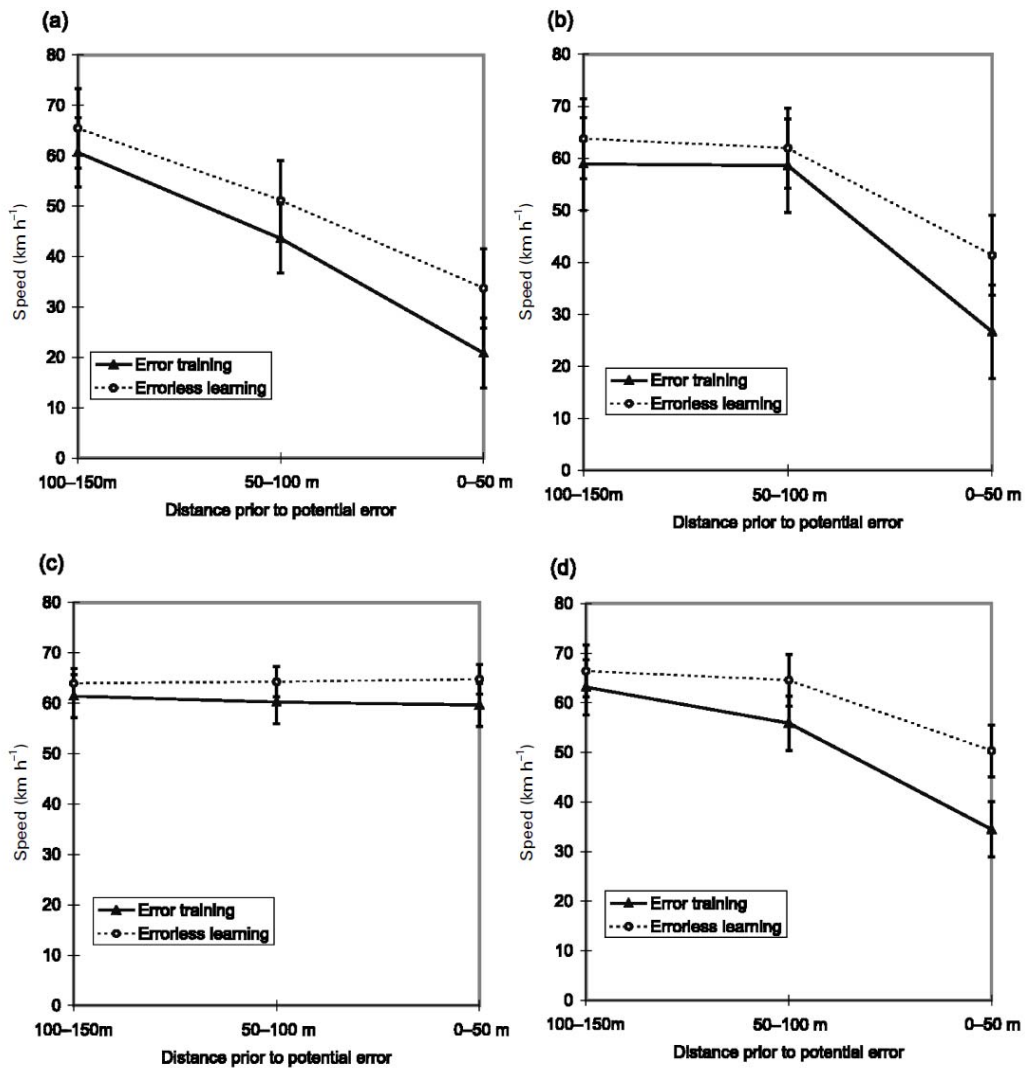


Figure 2. Average speed (means and standard deviations) in the three, 50-m intervals prior to a potential collision for (a) 'oncoming vehicles', (b) 'traffic signals', (c) 'blind curve', and (d) 'vehicles behind' tests (Experiment 1).

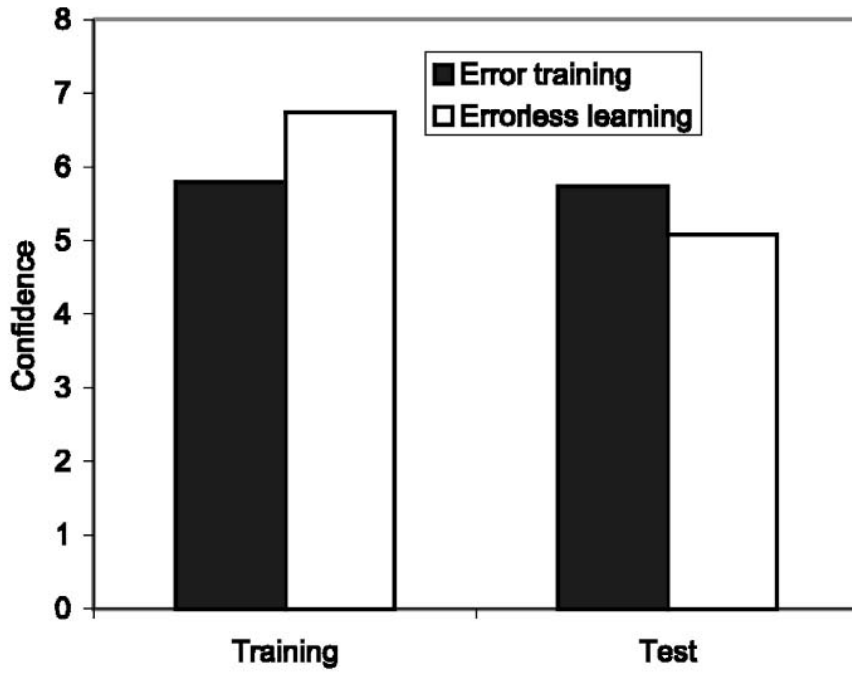


Figure 3. Mean confidence following training and testing (Experiment 1).

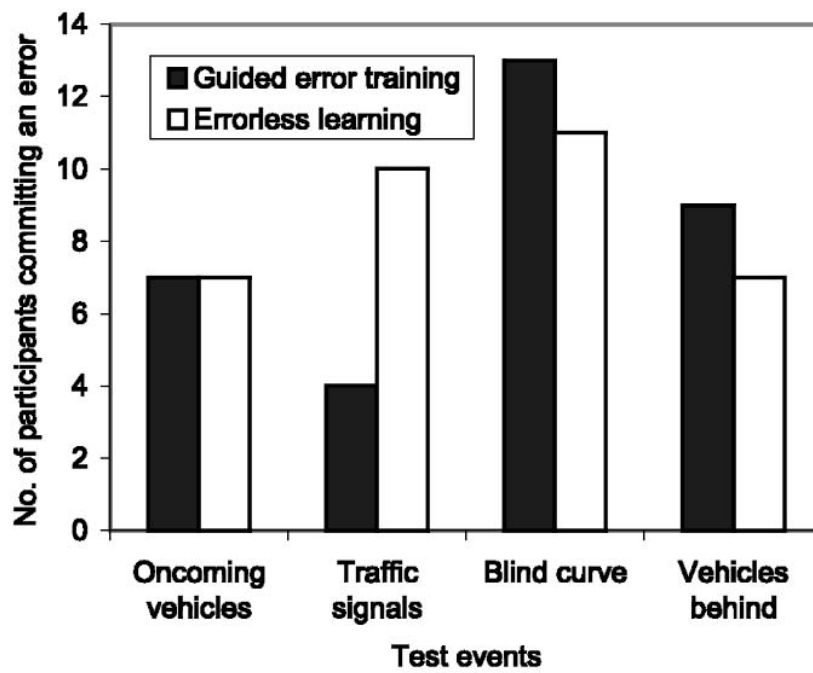


Figure 4. Number of participants committing an error on each test event (Experiment 2).

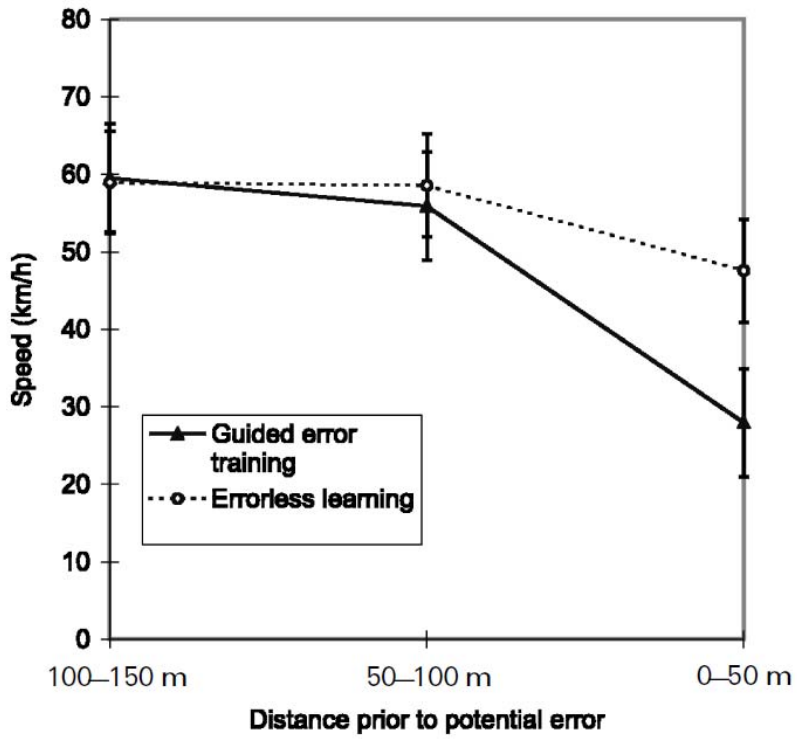


Figure 5. Average speed (means and standard deviations) in the three 50-m intervals prior to a potential collision for the ‘traffic signals’ test (Experiment 2).

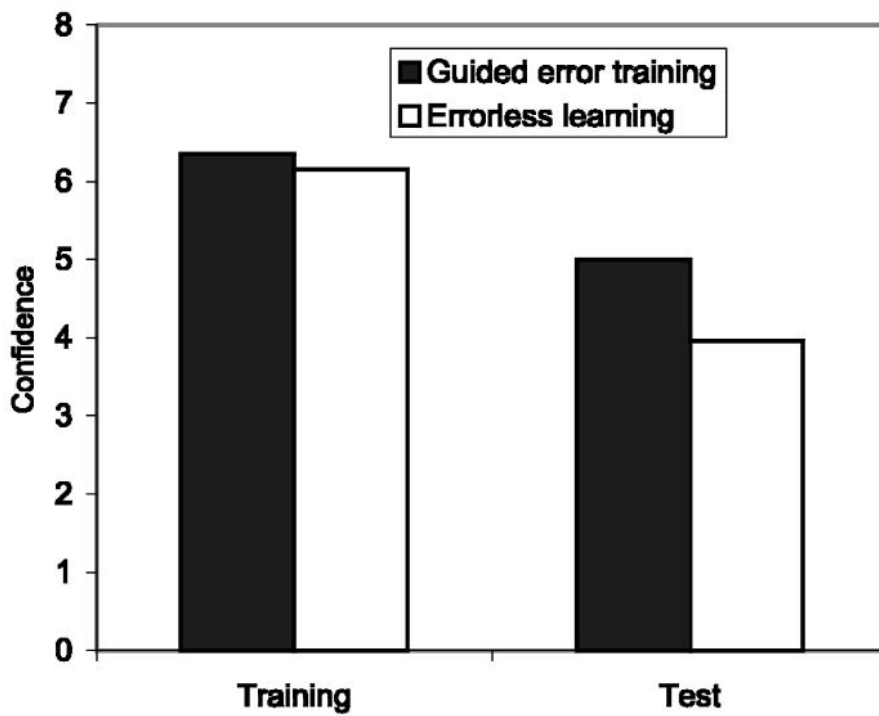


Figure 6. Mean confidence following training and testing (Experiment 2).